



# HYDROGRAFISCH OPNEMEN

UITGEGEVEN DOOR HET MINISTERIE VAN MARINE

1952



# Ex Libris



G. J. KLARENBECK



Hr. Ms. opnemingsvaartuig „Luykes”

MINISTERIE VAN MARINE



AFDELING HYDROGRAFIE

---

# HYDROGRAFISCH OPNEMEN

AUTEURSRECHTEN ZIJN VOORBEHOUDEN  
TEN BEHOEVE VAN DE  
STAAT DER NEDERLANDEN

PRIJS f 40.—

---

STAATSDRUKKERIJ / 'S-GRAVENHAGE 1952



## VOORBERICHT

Dit boek verscheen voor het eerst en onder dezelfde titel in 1925 van de hand van de toenmalige Chef der Hydrografie, de kapitein ter zee (tit.) J. L. H. Luymes. Een tweede geheel omgewerkte uitgave zag het licht in 1938.

Door de noodzakelijkheid van een derde druk van dit boekwerk is de gelegenheid geboden daarin de moderne methoden van hydrografisch opnemen te behandelen, waarbij o.m. aan het gebruik van electronische hulpmiddelen en de toepassing van luchtfoto's bij de hydrografische opneming afzonderlijke hoofdstukken zijn gewijd.

De tekst is geheel opnieuw geschreven waarbij de volgende medewerkers, allen (oud-)opnemers, de achter hun namen vermelde hoofdstukken bewerkten: schout bij nacht Th. K. baron van Asbeck (I, XIX), cartograaf-hoofdbambtenaar Ph. A. C. Th. Knijff (III, XV), cartograaf-hoofdbambtenaar W. C. Wernink (XVII, XVIII), cartograaf J. Th. Verstelle (XI, XII, XIII), cartograaf C. Blok (VIII, XIV, XVI), kapitein ter zee G. A. Boegborn (IV, VI), kapitein luitenant ter zee J. J. Steensma (IX, X) en luitenant ter zee der 1e klasse W. Langeraar (V, VII).

In hoofdstuk II, dat door verschillende der genoemde medewerkers werd samengesteld, worden de bij Hydrografie in gebruik zijnde instrumenten uitvoerig behandeld, m.d.v. dat de beschrijving van instrumenten, die in zeevaartkundeboeken dan wel bijzondere handleidingen vermeld staan, tot een minimum is beperkt.

De commissie van redactie werd gevormd door schout bij nacht Th. K. baron van Asbeck, cartograaf-hoofdbambtenaar Ph. A. C. Th. Knijff en cartograaf J. Th. Verstelle.

In dit handboek zijn nagenoeg alle methoden beschreven, welke bij de Nederlandse Hydrografie toepassing hebben gevonden. Bij de behandeling is uitgegaan van het standpunt, dat de lezer kennis heeft van zeevaartkunde, terwijl voorts de gedachte heeft voorgezet een handleiding te geven voor de praktijk. Derhalve is de afleiding van formules meestal achterwege gelaten. Voor uitgebreide theoretische beschouwingen en dieper gaande studie raadplege men de boeken genoemd in de literatuuropgaven.

Voorts wordt erkentelijkheid betuigd voor het beschikbaar stellen van cliché's en foto's aan de firma's: Handelmaatschappij „Sterna" N.V. te Amsterdam, Ruys' Handelsvereniging N.V. te 's-Gravenhage, J. F. Zarli Mechanische calculatie- en contrôleapparaten te 's-Gravenhage, Graphilec te Mijdrecht, N.V. Wed. J. Ahrend & Zn. te 's-Gravenhage, Technisch Bureau J. Duiker te 's-Gravenhage, U.S. Coast & Geodetic Survey, Washington D.C., U.S.A., Seismograph Service Corp., Tulsa, U.S.A., Decca Navigator Co., Londen en Hastings Instrument Co., Hampton Virg., U.S.A.

Doordat deze studie door verschillende medewerkers is samengesteld, is aan een gedeeltelijke overlapping bij de behandeling van enkele onderwerpen niet te ontkomen geweest.

# INHOUD

*Opmerking:* De hoofdstukken, paragrafen, figuren en formules zijn als volgt genummerd:

Hoofdstukken: in Romeinse cijfers, dus b.v. „IV”.

Paragrafen en figuren: per hoofdstuk doorlopend genummerd, voorafgegaan door het nummer van het hoofdstuk, beide in Arabische cijfers.

Verwijzing naar nummers van paragrafen en figuren wordt steeds voorafgegaan door respectievelijk „par.” en „fig.”.

Zo betekent „par. 3.6” dus hoofdstuk III paragraaf 6 en „fig. 3.6” hoofdstuk III de zesde figuur, welke geenszins in paragraaf 6 behoeft te staan.

Formules: per paragraaf doorlopend geletterd (voorafgegaan door nummer paragraaf) en tussen haakjes vermeld. Zo betekent „form. (5.1.d)” dus hoofdstuk V paragraaf 1 vierde formule.

|         | I. INLEIDING                                                                        | Blz. |
|---------|-------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 1.1     | Begrip hydrografie . . . . .                                                        | 1    |
| 1.2     | Historisch overzicht ontstaan zeekaart . . . . .                                    | 1    |
| 1.3     | De arbeid van de opnemer . . . . .                                                  | 3    |
| 1.4     | De zeekaart als afbeelding van de aardoppervlakte . . . . .                         | 4    |
| 1.5     | Eisen gesteld aan een hydrografische opneming . . . . .                             | 6    |
| 1.6     | Beknopt overzicht van het maken van een zeekaart . . . . .                          | 7    |
| 1.7     | De stand der hydrografische opnemingen . . . . .                                    | 9    |
|         | II. INSTRUMENTEN                                                                    |      |
| 2.1     | Meetlint, invardraad of -band en veerunster . . . . .                               | 11   |
| 2.2     | Invar basislat met statief . . . . .                                                | 12   |
| 2.3     | Tachymeter . . . . .                                                                | 20   |
| 2.4     | Spandraadinrichting . . . . .                                                       | 21   |
| 2.5     | Afstandmeter . . . . .                                                              | 26   |
| 2.6     | Geodimeter . . . . .                                                                | 30   |
| 2.7     | Sextant . . . . .                                                                   | 33   |
| 2.7.1   | Lodingsextant . . . . .                                                             | 33   |
| 2.7.2   | Triangulatiesextant . . . . .                                                       | 34   |
| 2.7.3   | Onderhoud van de sextant . . . . .                                                  | 36   |
| 2.7.4   | Foutenbepaling en regeling van de sextant . . . . .                                 | 37   |
| 2.7.4.1 | Onderzoek en regeling veranderlijke fouten . . . . .                                | 37   |
| 2.7.4.2 | Onderzoek op onveranderlijke fouten. Bepaling der grootte van deze fouten . . . . . | 38   |
| 2.7.4.3 | Regeling van een triangulatiesextant voorzien van pentaprisma . . . . .             | 39   |



|          |                                                                           |    |
|----------|---------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.8      | Hoekspiegel . . . . .                                                     | 39 |
| 2.9      | Kunstkim . . . . .                                                        | 40 |
| 2.10     | Heliotroop (heliograaf of heliostaat) . . . . .                           | 41 |
| 2.11     | Theodoliet . . . . .                                                      | 43 |
| 2.11.1   | Principe en algemene inrichting . . . . .                                 | 43 |
| 2.11.2   | Onderdelen en toebehoren . . . . .                                        | 45 |
| 2.11.2.1 | De kijker . . . . .                                                       | 45 |
| 2.11.2.2 | De assen . . . . .                                                        | 48 |
| 2.11.2.3 | De verdeelde randen en afleesinrichtingen . . . . .                       | 49 |
| 2.11.2.4 | De fijnbeweging (microschroef) en kleminrichting . . . . .                | 52 |
| 2.11.2.5 | De niveau's . . . . .                                                     | 53 |
| 2.11.2.6 | Het statief . . . . .                                                     | 54 |
| 2.11.3   | Fouten en regeling van de theodoliet . . . . .                            | 55 |
| 2.11.3.1 | Fouten, die niet door de gebruiker geregeld kunnen worden . . . . .       | 55 |
| 2.11.3.2 | Fouten, die door de gebruiker geregeld kunnen worden . . . . .            | 59 |
| 2.11.3.3 | Overzicht van de meetmethoden ter eliminatie van de fouten . . . . .      | 65 |
| 2.11.4   | Het meten met een theodoliet . . . . .                                    | 65 |
| 2.11.4.1 | De centrering . . . . .                                                   | 65 |
| 2.11.4.2 | De horizontering . . . . .                                                | 66 |
| 2.11.4.3 | De scherpstelling van de kijker . . . . .                                 | 66 |
| 2.11.4.4 | Tijdstip van de metingen . . . . .                                        | 67 |
| 2.11.4.5 | Helderheid van de afleesinrichtingen . . . . .                            | 67 |
| 2.11.5   | De verschillende meetmethoden bij meten in het horizontale vlak . . . . . | 67 |
| 2.11.5.1 | De rondmeting . . . . .                                                   | 67 |
| 2.11.5.2 | Het meten van hoeken . . . . .                                            | 67 |
| 2.11.5.3 | Herhaling van de meting . . . . .                                         | 68 |
| 2.11.5.4 | Aantal metingen . . . . .                                                 | 68 |
| 2.11.5.5 | Rondmeting volgens de reïteratie-methode van Bessel . . . . .             | 68 |
| 2.11.5.6 | Het meten van verticale hoeken . . . . .                                  | 69 |
| 2.11.5.7 | Gebruik van de theodoliet als waterpasinstrument . . . . .                | 69 |
| 2.11.6   | Beschrijving van de Wild T2 theodoliet . . . . .                          | 70 |
| 2.11.6.1 | De kijker . . . . .                                                       | 73 |
| 2.11.6.2 | De assen . . . . .                                                        | 73 |
| 2.11.6.3 | De verdeelde randen en afleesinrichting . . . . .                         | 75 |
| 2.11.6.4 | De niveau's . . . . .                                                     | 77 |
| 2.11.6.5 | De opstelling . . . . .                                                   | 78 |
| 2.11.6.6 | De elektrische verlichting . . . . .                                      | 80 |
| 2.11.6.7 | Contrôle en regeling . . . . .                                            | 80 |
| 2.12     | Astrolabium . . . . .                                                     | 82 |

|                                                              |     |
|--------------------------------------------------------------|-----|
| 2.13 Voorzetprisma „Roelofs” voor zonswaarnemingen . . . . . | 85  |
| 2.14 Tijdmeter . . . . .                                     | 87  |
| 2.15 Chronograaf . . . . .                                   | 88  |
| 2.16 Barometer en barograaf . . . . .                        | 89  |
| 2.17 Gewone peilschaal . . . . .                             | 89  |
| 2.18 Registrerende peilschalen . . . . .                     | 92  |
| 2.19 Stroommeters . . . . .                                  | 99  |
| 2.20 Areometers . . . . .                                    | 99  |
| 2.21 Loodlijn. . . . .                                       | 100 |
| 2.22 Lood . . . . .                                          | 102 |
| 2.23 Slaggaard . . . . .                                     | 102 |
| 2.24 Lucas handlodingmachine. . . . .                        | 103 |
| 2.25 Kelvite lodingmachine . . . . .                         | 104 |
| 2.26 Diepzeedraadlodingmachine . . . . .                     | 108 |
| 2.27 Lodingdraad. . . . .                                    | 111 |
| 2.28 Echolood . . . . .                                      | 112 |
| 2.29 Afleestoestel echolood . . . . .                        | 113 |
| 2.30 Passerdoos . . . . .                                    | 113 |
| 2.31 Stangpasser . . . . .                                   | 115 |
| 2.32 Reductiepasser. . . . .                                 | 116 |
| 2.33 Verdeelpasser . . . . .                                 | 117 |
| 2.34 Plaatspasser . . . . .                                  | 117 |
| 2.35 Proportieliniaal . . . . .                              | 119 |
| 2.36 Liniaal verdeeld en onverdeeld . . . . .                | 119 |
| 2.37 Gradenboog . . . . .                                    | 120 |
| 2.38 Vergrootglas. . . . .                                   | 120 |
| 2.39 Tekenloodjes . . . . .                                  | 120 |
| 2.40 Pantograaf . . . . .                                    | 121 |
| 2.41 Coördinatograaf . . . . .                               | 121 |
| 2.42 Rekenmachine . . . . .                                  | 123 |
| 2.43 Procota . . . . .                                       | 126 |
| 2.44 Stereoscoop . . . . .                                   | 128 |

### III. BAKENS

|                                                         |     |
|---------------------------------------------------------|-----|
| 3.1 Gewone bakens . . . . .                             | 130 |
| 3.2 Rifbakens . . . . .                                 | 134 |
| 3.3 Drijfbakens . . . . .                               | 135 |
| 3.4 Voorwaarden voor plaatsing bakens . . . . .         | 138 |
| 3.5 Merken en beschrijving standplaats bakens . . . . . | 140 |
| 3.6 Onderlinge zichtbaarheid bakens. . . . .            | 142 |

## IV. GEOGRAFISCHE LIGGING OPNEMING

|        |                                                                                                                    |     |
|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.1    | Astronomische plaatsbepaling . . . . .                                                                             | 143 |
| 4.1.1  | Vorm en afmetingen van de aarde . . . . .                                                                          | 143 |
| 4.1.2  | Geografische en astronomische coördinaten . . . . .                                                                | 146 |
| 4.1.3  | Tijd . . . . .                                                                                                     | 159 |
| 4.1.4  | Tijdseinen . . . . .                                                                                               | 166 |
| 4.1.5  | Correcties op de waarnemingen . . . . .                                                                            | 168 |
| 4.1.6  | Algemene aanwijzingen voor astronomische waarnemingen; eisen<br>waaraan de observatieplaats moet voldoen . . . . . | 172 |
| 4.1.7  | Methoden van astronomische plaatsbepaling . . . . .                                                                | 174 |
| 4.1.8  | Simultane lengte- en breedtebepaling . . . . .                                                                     | 174 |
| 4.1.9  | Breedtebepaling uit waarnemingen van sterren of van zon . . . . .                                                  | 183 |
| 4.1.10 | Lengtebepaling . . . . .                                                                                           | 190 |
| 4.1.11 | Nauwkeurigheid van de astronomische plaatsbepaling . . . . .                                                       | 195 |
| 4.2    | Meetpunten van andere diensten . . . . .                                                                           | 198 |
| 4.3    | Afpassing uit de kaart . . . . .                                                                                   | 199 |

## V. BASIS

|         |                                                                 |     |
|---------|-----------------------------------------------------------------|-----|
| 5.1     | Gebruik van bestaande gegevens . . . . .                        | 200 |
| 5.2     | Schaal . . . . .                                                | 201 |
| 5.3     | Verschillende methoden van basismeting . . . . .                | 201 |
| 5.4     | Vorbereidende werkzaamheden bij een basismeting . . . . .       | 203 |
| 5.4.1   | Basisvergroting . . . . .                                       | 204 |
| 5.4.2   | Vorbereidende werkzaamheden . . . . .                           | 209 |
| 5.5     | Basismeting . . . . .                                           | 211 |
| 5.5.1   | Meetlint staal . . . . .                                        | 211 |
| 5.5.2   | Meetlint invar. . . . .                                         | 216 |
| 5.5.2.1 | Wiskundige afleiding . . . . .                                  | 216 |
| 5.5.2.2 | Physische eigenschappen van invar. . . . .                      | 218 |
| 5.5.2.3 | Invloed van de zwaartekracht. . . . .                           | 220 |
| 5.5.2.4 | Gegevens invar meetlinten . . . . .                             | 221 |
| 5.5.2.5 | Instrumentarium voor basismeting met invar meetlinten . . . . . | 221 |
| 5.5.2.6 | De basismeting . . . . .                                        | 223 |
| 5.5.2.7 | Correcties op de lengtemetingen . . . . .                       | 228 |
| 5.5.2.8 | Nauwkeurigheid . . . . .                                        | 233 |
| 5.5.3   | Invar basislat . . . . .                                        | 234 |
| 5.5.4   | Tachymeter . . . . .                                            | 239 |
| 5.5.5   | Tuighoogte . . . . .                                            | 240 |
| 5.5.6   | Afstandmeter . . . . .                                          | 242 |



|        |                                          |     |
|--------|------------------------------------------|-----|
| 5.5.7  | Spandraadinrichting . . . . .            | 242 |
| 5.5.8  | Tussen 2 astronomische stations. . . . . | 246 |
| 5.5.9  | Radar . . . . .                          | 247 |
| 5.5.10 | Geodimeter . . . . .                     | 247 |
| 5.5.11 | Afpassing uit de kaart . . . . .         | 249 |
| 5.6    | Azimuth . . . . .                        | 250 |
| 5.7    | Contrôlebasis . . . . .                  | 251 |

## VI. AZIMUTH

|       |                                                                                                        |     |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 6.1   | Algemeen . . . . .                                                                                     | 255 |
| 6.2   | Principe van het astronomisch bepaalde azimuth (astronomische peiling)                                 | 256 |
| 6.3   | Azimuthbepaling uit uurhoekmeting . . . . .                                                            | 258 |
| 6.3.1 | Azimuthbepaling uit sterswaarnemingen met uurhoekmeting . .                                            | 258 |
| 6.3.2 | Practische uitvoering van een azimuthbepaling uit stersuurhoekmetingen . . . . .                       | 264 |
| 6.3.3 | Azimuthbepaling uit zonswaarnemingen met uurhoekmeting . .                                             | 266 |
| 6.3.4 | Practische uitvoering van een azimuthbepaling uit zonsuurhoekmetingen . . . . .                        | 267 |
| 6.4   | Azimuthbepaling uit hoogtemeting . . . . .                                                             | 269 |
| 6.4.1 | Azimuthbepaling uit sterswaarnemingen met hoogtemeting . .                                             | 269 |
| 6.4.2 | Practische uitvoering van een azimuthbepaling uit stershoogtemetingen . . . . .                        | 275 |
| 6.4.3 | Azimuthbepaling uit zonswaarnemingen met hoogtemeting . .                                              | 276 |
| 6.4.4 | Practische uitvoering van een azimuthbepaling uit zonshoogtemetingen . . . . .                         | 277 |
| 6.5   | Azimuthbepaling uit sextantmetingen . . . . .                                                          | 280 |
| 6.6   | Overzicht van de verschillende methoden van azimuthbepalingen uit astronomische waarnemingen . . . . . | 282 |
| 6.7   | Nauwkeurigheid van de azimuthbepaling . . . . .                                                        | 284 |
| 6.8   | Buitenbaaksmeting . . . . .                                                                            | 284 |
| 6.9   | Meridiaansconvergentie . . . . .                                                                       | 285 |
| 6.10  | Variatiebepaling . . . . .                                                                             | 286 |

## VII. TRIANGULATIE

|       |                                                                     |     |
|-------|---------------------------------------------------------------------|-----|
| 7.1   | Algemeen plan triangulatie . . . . .                                | 288 |
| 7.1.1 | Primaire triangulatie . . . . .                                     | 289 |
| 7.1.2 | Verdichting van het puntenet . . . . .                              | 290 |
| 7.1.3 | Wenken voor de officier belast met de leiding over een baakzetploeg | 292 |
| 7.2   | De metingen en de correcties daarop . . . . .                       | 293 |
| 7.2.1 | De metingen . . . . .                                               | 293 |

|          |                                                                                                                                                                                                                 |     |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 7.2.2    | Buitenbaaksmeten . . . . .                                                                                                                                                                                      | 297 |
| 7.2.3    | Hellende hoeken . . . . .                                                                                                                                                                                       | 299 |
| 7.2.4    | Hooggelegen richtpunten . . . . .                                                                                                                                                                               | 301 |
| 7.2.5    | Sferisch exces . . . . .                                                                                                                                                                                        | 302 |
| 7.3      | Berekening en vereffening . . . . .                                                                                                                                                                             | 303 |
| 7.3.1    | Berekening . . . . .                                                                                                                                                                                            | 303 |
| 7.3.1.1  | Enkele wenken betreffende het cijferen. . . . .                                                                                                                                                                 | 303 |
| 7.3.1.2  | Triangulatie in Nederland. . . . .                                                                                                                                                                              | 304 |
| 7.3.1.3  | Triangulatie buiten Nederland. . . . .                                                                                                                                                                          | 305 |
| 7.3.1.4  | Algemene rekenregels . . . . .                                                                                                                                                                                  | 306 |
| 7.3.1.5  | Berekening driehoekszijde doorgaande triangulatie . . . . .                                                                                                                                                     | 306 |
| 7.3.1.6  | Berekening geografische coördinaten derde driehoekspunt<br>in doorgaande triangulatie . . . . .                                                                                                                 | 308 |
| 7.3.1.7  | Berekening azimuth en afstand in doorgaande triangulatie . . . . .                                                                                                                                              | 310 |
| 7.3.1.8  | Berekening geografische coördinaten ( $\varphi$ en $\lambda$ ) van een<br>punt uit een bekend punt, indien onderlinge afstand en<br>gemiddeld azimuth bekend zijn (alleen locale triangulatie). . . . .         | 311 |
| 7.3.1.9  | Berekening gemiddeld azimuth en $\frac{1}{2}$ convergentie en de<br>afstand tussen 2 punten, waarvan de geografische coördinaten ( $\lambda$ en $\varphi$ ) gegeven zijn (alleen locale triangulatie) . . . . . | 312 |
| 7.3.1.10 | Berekening geografische coördinaten van een punt in een<br>vaste driehoek van de locale triangulatie. . . . .                                                                                                   | 313 |
| 7.3.1.11 | Enige rekenaanwijzingen voor locale triangulatie . . . . .                                                                                                                                                      | 313 |
| 7.3.2    | Vereffening . . . . .                                                                                                                                                                                           | 314 |
| 7.3.2.1  | Algemeen . . . . .                                                                                                                                                                                              | 314 |
| 7.3.2.2  | Het begrip modulus of middelbare fout . . . . .                                                                                                                                                                 | 315 |
| 7.3.2.3  | Eigenschappen van moduli . . . . .                                                                                                                                                                              | 316 |
| 7.3.2.4  | Toekenning van gewichten . . . . .                                                                                                                                                                              | 318 |
| 7.3.2.5  | Voortplanting van gewichten . . . . .                                                                                                                                                                           | 319 |
| 7.3.2.6  | De vereffening . . . . .                                                                                                                                                                                        | 319 |
| 7.3.3    | Vereffeningsvoorbeelden. . . . .                                                                                                                                                                                | 321 |
| 7.3.3.1  | Vereffening in een driehoek . . . . .                                                                                                                                                                           | 321 |
| 7.3.3.2  | Vereffening in een vierhoek . . . . .                                                                                                                                                                           | 323 |
| 7.3.3.3  | Vereffening der hoeken en zijden van een vierhoek, waar-<br>van één driehoek reeds vereffend en gebruikt is . . . . .                                                                                           | 325 |
| 7.3.3.4  | Vereffening van een driehoeksnet met centraal meetpunt . . . . .                                                                                                                                                | 326 |
| 7.3.3.5  | Vereffening van een driehoeksnet met meer centrale meet-<br>punten . . . . .                                                                                                                                    | 328 |
| 7.3.3.6  | Vereffening van een driehoeksketting . . . . .                                                                                                                                                                  | 328 |

|         |                                                                                           |     |
|---------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 7.3.4   | Aansluiting . . . . .                                                                     | 329 |
| 7.3.4.1 | Aansluiting tussen 2 gemeten bases . . . . .                                              | 329 |
| 7.3.4.2 | Aansluiting tussen 2 gemeten azimuths . . . . .                                           | 330 |
| 7.3.4.3 | Aansluiting aan 2 punten. . . . .                                                         | 331 |
| 7.3.4.4 | Aansluiting aan meer dan 2 punten. Overbepaalde gelijk-vormigheidstransformatie . . . . . | 332 |
| 7.3.4.5 | Aansluiting aan meer dan 2 punten. Affine en conforme transformatie . . . . .             | 334 |
| 7.3.4.6 | Aansluiting tussen 2 astro stations . . . . .                                             | 334 |
| 7.4     | Triangulatie met behulp van het schip . . . . .                                           | 336 |
| 7.4.1   | Algemeen . . . . .                                                                        | 336 |
| 7.4.2   | Wenken voor triangulatie met het schip . . . . .                                          | 336 |
| 7.4.3   | Voorbeelden van triangulaties met het schip . . . . .                                     | 337 |
| 7.5     | Verdichting van het puntennet . . . . .                                                   | 339 |
| 7.5.1   | Algemeen . . . . .                                                                        | 339 |
| 7.5.2   | Snelliusmeting . . . . .                                                                  | 340 |
| 7.5.3   | Punten op snijding . . . . .                                                              | 344 |
| 7.5.4   | De veelhoeksmeting . . . . .                                                              | 345 |
| 7.5.5   | Drijfbakens . . . . .                                                                     | 348 |
| 7.5.6   | Zwevende richtpunten . . . . .                                                            | 349 |
| 7.5.7   | Hoek met astronomische peiling. . . . .                                                   | 350 |
| 7.5.8   | Azimuth en afstand . . . . .                                                              | 351 |
| 7.5.9   | Astronomische lengte of -breedte met astronomische peiling. . . . .                       | 351 |

### VIII. CONSTRUCTIEBLAD

|       |                                                  |     |
|-------|--------------------------------------------------|-----|
| 8.1   | Projecties . . . . .                             | 353 |
| 8.2   | Trekken van het net. . . . .                     | 353 |
| 8.2.1 | Constructie net rechthoekige platkaart . . . . . | 353 |
| 8.2.2 | Constructie net mercator kaart . . . . .         | 356 |
| 8.2.3 | Constructie stereografisch net . . . . .         | 357 |
| 8.3   | Afzetten van punten. . . . .                     | 357 |
| 8.4   | Constructie van hulppunten. . . . .              | 358 |
| 8.5   | Afzetten van richtingen . . . . .                | 359 |
| 8.6   | Snellius constructie. . . . .                    | 360 |
| 8.7   | Netsdraaiing en schaalwijziging . . . . .        | 367 |
| 8.8   | Papier . . . . .                                 | 368 |
| 8.9   | Potloden . . . . .                               | 369 |
| 8.10  | Pen en inkt . . . . .                            | 369 |

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| 8.11 Calques . . . . .    | 369 |
| 8.12 Titel . . . . .      | 370 |
| 8.13 Dregblad . . . . .   | 371 |
| 8.14 Bergenblad . . . . . | 371 |

## IX. LODEN

|                                                                 |     |
|-----------------------------------------------------------------|-----|
| 9.1 Voorbereiding . . . . .                                     | 372 |
| 9.1.1 Inleiding . . . . .                                       | 372 |
| 9.1.2 Sloepsblad . . . . .                                      | 374 |
| 9.1.3 Voorlopige reducties . . . . .                            | 375 |
| 9.1.4 Onderlinge afstand der lodingslagen . . . . .             | 376 |
| 9.1.5 Contrôle instrumenten . . . . .                           | 379 |
| 9.1.6 Sloepsinventaris . . . . .                                | 381 |
| 9.2 Plaatsbepaling . . . . .                                    | 382 |
| 9.2.1 Algemeen . . . . .                                        | 382 |
| 9.2.2 Snelliusmeting . . . . .                                  | 383 |
| 9.2.3 Tuighoogte en snijding . . . . .                          | 385 |
| 9.2.4 Gegist bestek . . . . .                                   | 389 |
| 9.2.5 Astronomisch bestek . . . . .                             | 389 |
| 9.2.6 Electronische plaatsbepalingsmiddelen . . . . .           | 391 |
| 9.3 Lodingwerk . . . . .                                        | 391 |
| 9.3.1 Het leggen der slagen . . . . .                           | 391 |
| 9.3.2 Onderzoek van riffen en verdachte plekken . . . . .       | 394 |
| 9.3.3 Merk-, boog- en verbindingslijn stomen . . . . .          | 395 |
| 9.3.4 Lichtenlijnen en merklijnen . . . . .                     | 397 |
| 9.3.5 Zoeken naar gerapporteerde gevaren . . . . .              | 397 |
| 9.3.6 Beloden van drempels . . . . .                            | 403 |
| 9.3.7 Oploden van rivieren . . . . .                            | 404 |
| 9.3.8 Bepalen van grondsoort . . . . .                          | 406 |
| 9.3.9 Raadplegen en controleren vroegere opnemingen . . . . .   | 408 |
| 9.3.10 Locale heropneming; aansluiting en uitbreiding . . . . . | 408 |
| 9.4 Lodingtocht . . . . .                                       | 409 |
| 9.4.1 Verdeling werk schip en sloep . . . . .                   | 409 |
| 9.4.2 Werkzaamheden tijdens tocht . . . . .                     | 410 |
| 9.4.3 Sloepsbemanning . . . . .                                 | 413 |
| 9.4.4 Lodingboekje en taak opschrijver . . . . .                | 414 |
| 9.4.5 Bijhouden sloepsblad . . . . .                            | 415 |
| 9.4.6 Bepaling van tonnen . . . . .                             | 415 |

|        |                                                       |     |
|--------|-------------------------------------------------------|-----|
| 10.1   | Algemeen . . . . .                                    | 419 |
| 10.1.1 | Inleiding . . . . .                                   | 419 |
| 10.1.2 | Geschiedenis. . . . .                                 | 419 |
| 10.1.3 | Betrouwbaarheid. . . . .                              | 420 |
| 10.1.4 | Principe van het dregtuig . . . . .                   | 421 |
| 10.1.5 | Af te dreggen gebied. . . . .                         | 423 |
| 10.1.6 | Diepte-instelling . . . . .                           | 423 |
| 10.1.7 | Lodingwerk in dregstroken . . . . .                   | 425 |
| 10.2   | Gebruik asdic bij zoeken obstructies . . . . .        | 426 |
| 10.3   | Samenstelling dregtuig . . . . .                      | 426 |
| 10.3.1 | Grote dregtuig. . . . .                               | 426 |
| 10.3.2 | Kleine dregtuig . . . . .                             | 432 |
| 10.4   | Dreggen met twee dregboten . . . . .                  | 433 |
| 10.4.1 | Vorbereidingen . . . . .                              | 433 |
| 10.4.2 | Schieten van de dreg . . . . .                        | 436 |
| 10.4.3 | Dreggen . . . . .                                     | 440 |
| 10.4.4 | Pikken van de dreg . . . . .                          | 445 |
| 10.4.5 | Indraaien van de dreg . . . . .                       | 446 |
| 10.5   | Communicatie . . . . .                                | 449 |
| 10.5.1 | Optische seinen . . . . .                             | 449 |
| 10.5.2 | Toelichtingen . . . . .                               | 451 |
| 10.6   | Plaatsbepaling tijdens dreggen . . . . .              | 452 |
| 10.6.1 | Twee dregboten . . . . .                              | 452 |
| 10.6.2 | Sloep en twee dregboten . . . . .                     | 452 |
| 10.6.3 | Schip en twee dregboten . . . . .                     | 453 |
| 10.6.4 | Dregboot met schip of sloep . . . . .                 | 453 |
| 10.6.5 | Plaatsbepaling buiten zicht van land . . . . .        | 453 |
| 10.7   | Uitrusting dregboot . . . . .                         | 454 |
| 10.8   | Dreggen met schip (sloep) en twee dregboten . . . . . | 456 |
| 10.8.1 | Vorbereidingen . . . . .                              | 456 |
| 10.8.2 | Schieten van de dreg . . . . .                        | 457 |
| 10.8.3 | Dreggen met schip. . . . .                            | 458 |
| 10.8.4 | Dreggen met sloep. . . . .                            | 459 |
| 10.8.5 | Indraaien van de dreg . . . . .                       | 459 |
| 10.8.6 | Gebruik van schip met één schroef . . . . .           | 460 |
| 10.9   | Dreggen met één dregboot en schip (sloep). . . . .    | 462 |
| 10.9.1 | Vorbereidingen . . . . .                              | 462 |
| 10.9.2 | Schieten van de dreg . . . . .                        | 462 |
| 10.9.3 | Dreggen . . . . .                                     | 464 |
| 10.9.4 | Pikken van de dreg . . . . .                          | 466 |



|                                         |     |
|-----------------------------------------|-----|
| 10.10 De geïmproviseerde dreg . . . . . | 467 |
| 10.11 Dregbladen . . . . .              | 468 |
| 10.11.1 Constructiedregblad . . . . .   | 468 |
| 10.11.2 Sloepsdregblad . . . . .        | 469 |
| 10.11.3 Minuutdregblad . . . . .        | 471 |

## XI. KUSTLIJN EN TOPOGRAFIE

|                                                                           |     |
|---------------------------------------------------------------------------|-----|
| 11.1 Bepalen van de kustlijn . . . . .                                    | 472 |
| 11.2 Bepalen van de topografie van het landgedeelte en van kenbare punten | 473 |
| 11.2.1 Inleiding . . . . .                                                | 473 |
| 11.2.2 Bepaling van punten in het binnenland . . . . .                    | 474 |
| 11.2.3 Hoogtemeting en -berekening . . . . .                              | 475 |
| 11.3 Landverkenningen . . . . .                                           | 478 |
| 11.4 Gebruik van niet door eigen metingen verkregen gegevens . . . . .    | 479 |
| 11.4.1 Topografische kaarten . . . . .                                    | 479 |
| 11.4.2 Luchtfoto's . . . . .                                              | 480 |

## XII. RADIOPLAATSBEPALING TEN DIENSTE VAN HYDROGRAFISCHE KAARTERING

|                                                                                                      |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 12.1 Inleiding . . . . .                                                                             | 481 |
| 12.2 Voortplanting van radiogolven . . . . .                                                         | 484 |
| 12.2.1 Algemeen . . . . .                                                                            | 484 |
| 12.2.2 Directe- en gereflecteerde golf . . . . .                                                     | 485 |
| 12.3 Groepering van de systemen . . . . .                                                            | 487 |
| 12.4 Beschikbare en bruikbare ruimte in het frequentiespectrum . . . . .                             | 488 |
| 12.5 Decca Survey System . . . . .                                                                   | 491 |
| 12.5.1 Schematische beschrijving van de werking . . . . .                                            | 491 |
| 12.5.1.1 Enkele definities . . . . .                                                                 | 491 |
| 12.5.1.2 Het principe . . . . .                                                                      | 492 |
| 12.5.1.3 Werkwijze van zenders en ontvanger . . . . .                                                | 497 |
| 12.5.1.4 Synchronisatie van de zenders en bepaling van het phase-<br>verschil . . . . .              | 499 |
| 12.5.1.5 Effect van aardkromming en van hoogte van zenders en<br>ontvanger boven zeeniveau . . . . . | 503 |
| 12.5.1.6 Richting van een Decca-lijn . . . . .                                                       | 504 |
| 12.5.1.7 Lane-breedte . . . . .                                                                      | 504 |
| 12.5.1.8 Aantal lanes in een patroon . . . . .                                                       | 505 |
| 12.5.2 Enkele gegevens over Decca survey chains . . . . .                                            | 505 |
| 12.5.2.1 Transportable chain . . . . .                                                               | 505 |
| 12.5.2.2 Lightweight chain . . . . .                                                                 | 510 |
| 12.5.2.3 Survey ontvanger . . . . .                                                                  | 510 |

|          |                                                                                                    |     |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 12.5.2.4 | Monitor . . . . .                                                                                  | 511 |
| 12.5.3   | Voortplanting van een golffront. . . . .                                                           | 512 |
| 12.5.3.1 | Directe golf . . . . .                                                                             | 512 |
| 12.5.3.2 | Indirecte golf . . . . .                                                                           | 517 |
| 12.5.4   | Werkingsgebied . . . . .                                                                           | 520 |
| 12.5.4.1 | Directe en indirecte golf . . . . .                                                                | 520 |
| 12.5.4.2 | De meetkundige eigenschappen van twee elkaar snijdende<br>hyperbolische patronen . . . . .         | 521 |
| 12.5.4.3 | Physische en kunstmatige interferentie . . . . .                                                   | 523 |
| 12.5.4.4 | Samenvatting . . . . .                                                                             | 525 |
| 12.5.5   | Triangulatie m.b.v. Decca . . . . .                                                                | 525 |
| 12.5.6   | Berekening Decca-patroon . . . . .                                                                 | 529 |
| 12.5.6.1 | Algemeen . . . . .                                                                                 | 529 |
| 12.5.6.2 | Berekening van $k'$ . . . . .                                                                      | 530 |
| 12.5.6.3 | Herleiding van $k'$ tot $k$ . . . . .                                                              | 532 |
| 12.5.6.4 | Herleiding van koorde tot boog . . . . .                                                           | 534 |
| 12.5.6.5 | Aantal en spreiding van de punten, waarvoor het lane-<br>nummer $L$ berekend moet worden . . . . . | 535 |
| 12.5.6.6 | Voortplanting radiogolf gedeeltelijk over water en ge-<br>deeltelijk over land. . . . .            | 536 |
| 12.5.6.7 | Voorbeeld berekening. . . . .                                                                      | 537 |
| 12.5.7   | Nauwkeurigheid Decca plaatsbepaling en -afstandmeting . . .                                        | 540 |
| 12.5.7.1 | Algemeen . . . . .                                                                                 | 540 |
| 12.5.7.2 | De te verwachten fout in Decca plaatsbepaling . . .                                                | 542 |
| 12.5.7.3 | De te verwachten fout in Decca afstandmeting . . .                                                 | 546 |
| 12.5.8   | Gebruik van Decca voor kaartering te land . . . . .                                                | 547 |
| 12.6     | Radar . . . . .                                                                                    | 550 |
| 12.7     | Shoran . . . . .                                                                                   | 552 |
| 12.7.1   | Algemeen . . . . .                                                                                 | 552 |
| 12.7.2   | Scheeps (vliegtuig) station. . . . .                                                               | 554 |
| 12.7.3   | Grondstations . . . . .                                                                            | 556 |
| 12.7.4   | Werkingsgebied . . . . .                                                                           | 558 |
| 12.7.5   | Toepassingen en nauwkeurigheid . . . . .                                                           | 558 |
| 12.8     | Electronic Position Indicator (E.P.I.) . . . . .                                                   | 562 |
| 12.8.1   | Algemeen . . . . .                                                                                 | 562 |
| 12.8.2   | Scheepsstation . . . . .                                                                           | 563 |
| 12.8.3   | Grondstations . . . . .                                                                            | 565 |
| 12.8.4   | Werkingsgebied . . . . .                                                                           | 567 |
| 12.8.5   | Toepassingen en nauwkeurigheid . . . . .                                                           | 567 |
| 12.9     | Lorac. . . . .                                                                                     | 568 |

|                                                                                 |     |
|---------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 12.9.1 Schematische beschrijving . . . . .                                      | 568 |
| 12.9.2 Werkingsgebied . . . . .                                                 | 574 |
| 12.9.3 Toepassingen en nauwkeurigheid . . . . .                                 | 574 |
| 12.10 Raydist . . . . .                                                         | 575 |
| 12.10.1 Schematische beschrijving . . . . .                                     | 575 |
| 12.10.2 Werkingsgebied . . . . .                                                | 579 |
| 12.10.3 Toepassingen en nauwkeurigheid . . . . .                                | 579 |
| 12.11 Operationele hydrografische toepassingen . . . . .                        | 580 |
| 12.11.1 Algemene opmerkingen . . . . .                                          | 580 |
| 12.11.2 Bekende hydrografische toepassingen . . . . .                           | 583 |
| 12.12 Keuze van een systeem ten dienste van hydrografische kaartering . . . . . | 588 |

### XIII. TOEPASSING VAN LUCHTFOTO'S BIJ HYDROGRAFISCH WERK

|                                                                                              |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 13.1 Het tot stand komen van de luchtfoto . . . . .                                          | 595 |
| 13.1.1 Inleiding . . . . .                                                                   | 595 |
| 13.1.2 De foto . . . . .                                                                     | 596 |
| 13.1.3 Projectief verband tussen punten in de beeld- en in de voorwerps-<br>ruimte . . . . . | 596 |
| 13.1.4 Camera's . . . . .                                                                    | 598 |
| 13.1.5 Objectieven . . . . .                                                                 | 602 |
| 13.1.6 Hulpinstrumenten . . . . .                                                            | 603 |
| 13.1.7 Fotografisch materiaal. Filters. Belichting . . . . .                                 | 604 |
| 13.1.8 Enkele definities . . . . .                                                           | 606 |
| 13.1.9 Fotoschaal . . . . .                                                                  | 608 |
| 13.1.10 Vliegplan . . . . .                                                                  | 608 |
| 13.2 Stereoscopisch zien en meten . . . . .                                                  | 609 |
| 13.2.1 Inleiding . . . . .                                                                   | 609 |
| 13.2.2 Natuurlijk stereoscopisch zien . . . . .                                              | 610 |
| 13.2.3 Kunstmatig stereoscopisch zien . . . . .                                              | 612 |
| 13.2.4 Stereoscopisch meten . . . . .                                                        | 615 |
| 13.3 Het reconstrueren van objecten uit foto's . . . . .                                     | 616 |
| 13.3.1 Inleiding . . . . .                                                                   | 616 |
| 13.3.2 Ontschranking van luchtfoto's . . . . .                                               | 617 |
| 13.3.3 Foto- of radiaal triangulatie en slotted-templet methode . . . . .                    | 618 |
| 13.3.4 Ruimtelijke beeldenpaarfotogrammetrie . . . . .                                       | 621 |
| 13.3.5 Meetkundige grondslag van een luchtkartering . . . . .                                | 627 |
| 13.3.6 Beperkingen van de luchtfoto voor kaarteringsdoeleinden . . . . .                     | 628 |
| 13.4 Hydrografische interpretatie van luchtfoto's . . . . .                                  | 628 |
| 13.4.1 Zeebodem-profiel en objecten onder water . . . . .                                    | 628 |
| 13.4.2 Kustlijn en topografie . . . . .                                                      | 631 |

|                                                              |     |
|--------------------------------------------------------------|-----|
| 13.4.3 Het gebruik van luchtfoto's bij hydrografie . . . . . | 632 |
| 13.4.4 Luchtfoto-archieven . . . . .                         | 632 |

## XIV. MINUUTBLAD

|                                                                                 |     |
|---------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 14.1 Afmetingen en schaal . . . . .                                             | 634 |
| 14.2 Netheid en accuratesse . . . . .                                           | 634 |
| 14.3 Aanwijzingen voor het tekenwerk en overbrengen op het minuutblad . . . . . | 634 |
| 14.4 Dieptecijfers en dieptelijnen . . . . .                                    | 635 |
| 14.5 Verwerken van echolodingen . . . . .                                       | 637 |
| 14.6 Operationele calque . . . . .                                              | 639 |
| 14.7 Topografische details en berghoogten . . . . .                             | 639 |
| 14.8 Bijschriften en spelling . . . . .                                         | 641 |
| 14.9 Aansluitingen . . . . .                                                    | 641 |
| 14.10 Dregminuutblad . . . . .                                                  | 641 |
| 14.11 Geregeld bijhouden minuutblad i.v.m. aanvullingsslagen . . . . .          | 642 |
| 14.12 Ruimte en verlichting tekenkamer . . . . .                                | 642 |
| 14.13 Verzenden werkbladen . . . . .                                            | 642 |

## XV. ZEEMANSUIDSEN 643

## XVI. HYDROGRAFISCHE BESCHIEDEN

|                                                |     |
|------------------------------------------------|-----|
| 16.1 Hydrografische rapporten . . . . .        | 648 |
| 16.2 Hoekmeet- en bakenregister . . . . .      | 650 |
| 16.3 Meetboekje . . . . .                      | 651 |
| 16.4 Triangulatieregister . . . . .            | 651 |
| 16.5 Scheepscijferboek . . . . .               | 652 |
| 16.6 Pilaartjesregister . . . . .              | 652 |
| 16.7 Reductievlakregister . . . . .            | 652 |
| 16.8 Peilschaalboekje . . . . .                | 653 |
| 16.9 Lodingregister . . . . .                  | 653 |
| 16.10 Lodingboekje . . . . .                   | 653 |
| 16.11 Stroomregister en stroomboekje . . . . . | 654 |
| 16.12 Wrakkenregister . . . . .                | 654 |
| 16.13 Overzichtskaart . . . . .                | 654 |
| 16.14 Lijst van Opaldi's . . . . .             | 654 |

## XVII. KARTOGRAFIE

|                                                     |     |
|-----------------------------------------------------|-----|
| 17.1 Inleiding . . . . .                            | 655 |
| 17.2 Ontwerpen van nieuwe kaarten . . . . .         | 655 |
| 17.3 Gegevens voor vervaardiging zeekaart . . . . . | 656 |

|                                                                            |     |
|----------------------------------------------------------------------------|-----|
| 17.4 Opzet . . . . .                                                       | 656 |
| 17.5 Combineren van nieuwe en oude opnemingen . . . . .                    | 657 |
| 17.6 Teken en der kaart. . . . .                                           | 658 |
| 17.6.1 Kaartering dieptecijfers en dregstroken . . . . .                   | 658 |
| 17.6.2 Land- en zeemerken. . . . .                                         | 662 |
| 17.6.3 Topografie . . . . .                                                | 662 |
| 17.6.4 Namen en bijschriften . . . . .                                     | 663 |
| 17.7 Reeds geкарteerde gevaren . . . . .                                   | 665 |
| 17.8 Laatste inlichtingen alvorens drukken kaart . . . . .                 | 665 |
| 17.9 Gegevens van andere autoriteiten . . . . .                            | 665 |
| 17.10 Bronbeschrijving. . . . .                                            | 666 |
| 17.11 Nieuwe uitgaven, hernieuwde uitgaven, kleine drukken, verbeterbladen | 666 |

### XVIII. KAARTREPRODUCTIE

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| 18.1 Inleiding . . . . .    | 668 |
| 18.2 Kopergravure . . . . . | 668 |
| 18.3 Lithografie . . . . .  | 669 |
| 18.4 Correcties . . . . .   | 673 |
| 18.5 Drukken . . . . .      | 674 |
| 18.6 Kleuren . . . . .      | 676 |

### XIX. GESCHIEDENIS EN ORGANISATIE VAN DE HYDROGRAFISCHE DIENST

|                                        |     |
|----------------------------------------|-----|
| 19.1 De geschiedenis . . . . .         | 678 |
| 19.1.1 Oost Indische Archipel. . . . . | 678 |
| 19.1.2 Nederland . . . . .             | 682 |
| 19.2 De organisatie. . . . .           | 684 |
| Literatuuropgave . . . . .             | 686 |
| Index . . . . .                        | 687 |

## I. INLEIDING

## 1.1 Begrip hydrografie

Dit woord, samengesteld uit twee Griekse woorden, welke betekenen „water” en „beschrijving”, heeft in zeer algemene zin zowel betrekking op zoetwater (rivieren, meren, enz.) als op de zeeën en wordt alsdan gebezigd in betrekking tot velerlei wetenschappelijke onderwerpen, zoals geologie, geodesie, oceanografie, meteorologie, en behandelt de biologische, chemische en physische eigenschappen van het water.

Voor de zeeman heeft het woord hydrografie een beperktere strekking en besprekingen van de leden van het Internationaal Hydrografisch Bureau te Monaco hebben tot de volgende definitie geleid:

Hydrografie is de wetenschap, welke de juiste gedaante van het aardoppervlak — voor zover van belang voor de zeevaart — vaststelt en bekendmaakt in een voor de zeeman passende vorm. Dit omvat:

- a. triangulatie en kustbepaling;
- b. de opmeting van oceanen, zeeën, zeearmen, rivieren en andere bevaarbare wateren;
- c. de waarneming en bestudering van getijden, getijstromen en andere stromen;
- d. magnetische, astronomische en oceanografische waarnemingen voor zover van nut voor de opneming en voor de scheepvaart;
- e. het samenstellen en uitgeven van zeekaarten, zeemansgidsen, lichtenlijsten, getijtafels, stroomtafels, berichten aan zeevarenden en andere inlichtingen, welke betrekking hebben op bovengenoemde taak.

Het woord „hydrograaf” (hydrographer) wordt in Nederland, Engeland en enige andere landen gebruikt met betrekking tot de Chef en Souschef van de Hydrografische Dienst, dus betreffende personen, die op het Bureau een leidende functie bekleden; „opnemers” (surveyors) zijn zij, die het opnemingswerk aan boord van de opnemingsvaartuigen verrichten.

## 1.2 Historisch overzicht ontstaan zeekaart

De wetenschap Hydrografie is ontstaan, doordat de zeevarende speciaal voor hem vervaardigde kaarten nodig heeft. De huidige internationale zeehandel zou niet denkbaar zijn, indien niet beschikt werd over zeekaarten, waarin alle gegevens verkregen uit hydrografische opnemingen verwerkt zijn.

Reeds van oudsher beschikte de zeeman over hydrografische gegevens in één of andere vorm. Zo waren de kaarten der oude Grieken vermoedelijk hoofdzakelijk zogenaamde itinerariën, dat zijn lineaire voorstellingen van kustlijnen, wegen en rivieren, bedoeld als schetsen van te volgen routen. De grondslagen van deze kaarten waren: breedtebepalingen aan wal, geschatte richtingen en geschatte afstanden. Het spreekt vanzelf, dat dergelijke kaarten geen hoge graad van juistheid hadden, doch slechts dienden als illustratie van het geschreven woord.

Omstreeks de twaalfde eeuw wordt het kompas in Europa in gebruik genomen, waardoor de cartografie op een hoger niveau komt te staan en tevens de vaart op open zee haar intrede doet. In de veertiende eeuw zijn het vooral de Italianen, die



zich onderscheiden door uitgaven van nieuw kaartwerk, dat zich kenmerkt door de vele kompasrozen, die op de kaart zijn aangebracht, waardoor de naam „kompaskaart” ontstaat. Deze kaarten zijn gebaseerd op: breedtebepalingen aan de wal, kompasrichtingen en geschatte afstanden. Zij zijn van het loxodromische type, waarbij uit verschillende punten loxodromen uitstralen naar de randen der kaart. Men had zich nog geen bepaald beeld gevormd van de juiste gedaante der aarde en de gebruikte kaartprojectie liet slechts toe, dat kleine gedeelten van de aardoppervlakte met enige nauwkeurigheid werden weergegeven; dieptecijfers werden niet gegeven, alhoewel soms ondiepten wel getekend zijn, welke evenals kleine eilanden vaak overdreven groot zijn voorgesteld.

Een tweede grote verbetering, zowel voor de maritieme cartografie als voor de navigatie, bracht de uitvinding van instrumenten, die het mogelijk maakten de breedte op zee te bepalen. Het tijdperk der Portugese en Spaanse ontdekkingsreizen in de 15e en 16e eeuw was ingeluid. In de tweede helft der 16e eeuw nam bovendien het logplankje de plaats in van het gissen buitenboord. Het observeren der breedte bracht mede, dat een breedteschaal langs de rand der kaart werd aangebracht, welke tevens als afstandsschaal dienst deed. De grondslagen der kaart ziet men nu veranderen in: breedtebepalingen aan wal en aan boord, kompasrichtingen en afstanden volgens de log. Deze grondslagen zijn zo gebleven tot de moderne methoden in gebruik kwamen.

De zeekaarten, welke met de hand getekend en gecopiëerd werden op perkament, werden voor het eerst gedrukt tegen het einde der vijftiende eeuw. Voorts is bekend, dat in 1560 de kopergravure bestond.

Tegen het einde van de 16e eeuw begint het bloeitijdperk van de Nederlandse cartografie. In 1569 geeft Gerard Mercator, eigenlijk geheten Gerard de Cremer (1512 geboren in Oost-Vlaanderen), een wereldkaart uit in de naar hem genoemde projectie. In November 1591 draagt Petrus Plancius een grote wereldkaart op aan de Staten-Generaal, van welke kaart hij Haar op 15 April 1592 een exemplaar aanbood. Hij geeft onderricht in de zeevaartkunde en astronomie aan schippers en stuurlieden der Indiëvaarders en ontvangt later uit handen dezer zeelieden de resultaten van hunne waarnemingen aan boord en verwerkt deze in de kaart. Men kan hem op onduidelijke wijze noemen de stichter der Nederlandse maritieme cartografie.

De verdere geschiedenis der hydrografie is, als alle historie, in de loop der eeuwen gegroeid en loopt in feite parallel met die van Nederland. Slechts zij vermeld, dat de Nederlandse maritieme cartografie in 1753 — toen de greep der Compagnie reeds veel van haar vastheid had verloren — bij de uitgave door de firma van Keulen van het zesde deel van haar alomt berekend boekwerk „De nieuwe groote lichtende Zee-Fakkel”, waarin het geheel der hydrografische kennis van de Indische Archipel was neergelegd, een hoogtepunt bereikte.

Kort daarna treedt een tijdperk van verval der Nederlandse hydrografie in, doordat de Engelsen — eerder dan onze voorvaders — gebruik maakten van de tijdmeten en de sextant en zodoende een grote voorsprong behaalden. Daardoor en door de systematische leiding van de Britse Admiraliteit, waarbij in 1795 een Hydrographic Department werd opgericht, verkregen de Engelsen in korte tijd veel meer en betere gegevens van hun zich steeds uitbreidende vloot, dan de Hollanders van een scheepvaart, die eer kwijnde dan bloeide.

Te laat trachtten de Nederlanders met het verlopen van het getij de bakens te verzetten, zoals in 1787 geschiedde door de instelling van de „Kommissie tot de

Zaaken, het bepalen der lengte op zee en de verbetering der zeekaarten betreffende" en in 1821 door de benoeming in Indië van de „Kommissie tot verbetering van Indische zeekaarten”.

In de loop van de 19e eeuw werd door nagenoeg elke zeevarende natie een hydrografisch bureau opgericht. Alhoewel in Nederland Hydrografie reeds lange tijd verzorgd werd door de Koninklijke Marine, werd op 8 Juli 1874 het Bureau Hydrografie officieel de Ve afdeling van het Departement der Marine.

Het doel van deze bureaux is het coördineren en de uitwerking van hydrografische opnemingen, benevens het publiceren en de verstrekking van de verkregen gegevens d. m. v. kaarten, boekwerken enz. Zolang mensen en goederen over zee vervoerd worden, zal het hydrografisch werk voortgang moeten vinden, want zelfs vandaag aan de dag is slechts een betrekkelijk klein gedeelte der zeeën op afdoende wijze geкартеerd, terwijl voortdurende wijzigingen in de zeebodem en van verschillende kustgedeelten geregelde herziening van verrichte opnemingen noodzakelijk maken. Bovendien stelt het moderne scheepvaartverkeer hogere eisen aan de zeekaart dan vroeger. Verschillende der huidige zeekaarten berusten op opnemingen verricht door zeilvaartuigen, uitgerust met ouderwetse instrumenten. Bovendien was de vraag naar kaarten in de vorige eeuw — tot 50 à 60 jaar geleden — zo dringend, dat de opnemer vaak volledigheid en nauwkeurigheid ondergeschikt moest maken aan speed, want bijna elke kaart is beter dan geen. Alhoewel verscheidene kaarten uit die dagen volgens moderne opvattingen slechts een schetsmatig karakter dragen of onvolledig zijn, kunnen wij niet dan met eerbied terugdenken aan onze hydrografische opnemers, die — vaak onder zeer moeilijke omstandigheden — zo een enorme hoeveelheid werk hebben verricht, waarvan de nauwkeurigheid aan de gestelde eisen ten volle voldeed.

### 1.3 De arbeid van de opnemer

Het werk van de opnemer is van zeer uiteenlopende aard en omvat vele takken van wetenschap, waarvan, om zich een denkbeeld te kunnen vormen, slechts genoemd worden getijleer, kaartprojecties, foutentheorie, geodetische astronomie, luchtkaartering, radio-electronische navigatie-hulpmiddelen e. d. Geen twee opnemingen hebben een zuiver gelijk karakter en de zich steeds weer voordoende nieuwe problemen stellen de bekwaamheid en vindingrijkheid van de opnemer vaak zwaar op de proef. Alhoewel het werk dikwijls zwaar en vermoeiend is, is het aantrekkelijke ervan, dat men productieve arbeid verricht, die een tastbaar resultaat oplevert, dat van praktische en vaak ook van historische waarde is. Bovendien zijn de inlichtingen, welke de opnemer verzamelt, noodzakelijk voor de ontwikkeling van de wetenschappelijke kennis van de wereld, waarin wij leven.

In het algemeen kan gezegd worden, dat het opnemingswerk de goed onderlegde zeeman geen moeilijke problemen stelt.

Aanleg voor wiskunde is wel wenselijk voor een goed opnemer, terwijl verder als noodzakelijke eigenschappen genoemd kunnen worden: gezond verstand, leiders-talent, zeemanschap, organisatietalent, voortdurende aandacht en toewijding; degelijk, nauwkeurig en net werken, gepaard met nooit opzien tegen de moeite, een zaak tot op de grond na te speuren; aanleg en gevoel voor instrumenten, goed observateur. Hieruit wordt geboren liefde voor het werk en voldoening over een goed volbrachte taak.

Reeds werd aangegeven hoe in de vorige eeuw spoed een vereiste was bij het vervaardigen der kaarten, waaraan volledigheid en zelfs nauwkeurigheid ongeschikt gemaakt moesten worden, doch thans zijn, zo niet de rollen omgedraaid, dan toch nauwkeurige en volledige opnemingen van het allergrootste belang. Er kan gezegd worden, dat de zeeman in het algemeen een grenzenloos vertrouwen stelt in de zeekaart, zo zelfs, dat hij aanneemt, dat er geen gevaren zijn, indien er geen op de kaart staan en het is nu de taak van de opnemer om zorg te dragen, dat dit vertrouwen niet geschokt wordt.

Het stoomvaartuig maakte de opneming van uitgestrekte zeeën mogelijk. Moderne uitvindingen, zoals echolood en radio-electronische navigatie-hulpmiddelen, hebben de snelheid en nauwkeurigheid, waarmede hydrografische opnemingen verricht kunnen worden, aanzienlijk vergroot en onze kennis van de bodemfiguratie onder de oppervlakte der zee breidt zich met rasse schreden uit. Deze uitvindingen hebben de fysieke inspanning op het opnameterrein aanzienlijk verlicht en de roeisloep met het handlood kan als tot de historie behorende beschouwd worden.

#### 1.4 De zeekaart als afbeelding van de aardoppervlakte

Kaarten zijn verkleinde afbeeldingen van het oppervlak der aarde, of van een gedeelte daarvan, op een plat vlak. Is het gedeelte, dat men afbeelden wil, zo weinig uitgestrekt, dat het als plat vlak beschouwd mag worden, zonder dat dit tot merkbare fouten leidt, dan kan de kaart wat de projectie aangaat als een eenvoudige verkleining worden vervaardigd. Betreft het echter een groter gedeelte der aarde, waarbij de kromming van het oppervlak niet langer verwaarloosd mag worden, dan doet zich de moeilijkheid voor, dat het niet mogelijk is een vlak van dubbele kromming zodanig op een plat vlak af te beelden, dat alle delen der tekening in verkleinde afmetingen volkomen met het oorspronkelijke overeenstemmen. Men zal alsdan met benaderde voorstellingen genoegen moeten nemen. Sinds eeuwen hebben geleerden getracht deze voorstellingen zo juist mogelijk te doen zijn, daarbij de overmijdelijke fouten terugbrengend tot geringe bedragen, wier invloeden zo weinig mogelijk storen en waarvan de grootten bekend zijn. Deze onderzoekingen hebben geleid tot het ontstaan van een zelfstandige wetenschap, bekend als de kaartprojectieleer.

De ligging van punten op de aardoppervlakte wordt als regel opgegeven door haar geografische coördinaten, waarbij de breedte wordt opgegeven Noord of Zuid van de equator en de lengte Oost of West van de meridiaan van Greenwich. Elke kaart, behalve een enkele plankkaart voor een klein gebied, dient dus voorzien te zijn van een graadverdeling voor breedte en lengte, teneinde de geografische coördinaten van elk punt te kunnen opgeven. Bovendien bepaalt de zeeman, als hij uit zicht van land is, zijn plaats in breedte en lengte, zodat een graadverdeling op de kaart voor hem noodzakelijk is, teneinde zijn plaats op de kaart te kunnen zetten.

Het aantal projectiemethoden dat uitgedacht is, is zeer groot en het hangt van het doel, dat met de kaart bereikt moet worden, af, aan welke kaartprojectie men de voorkeur geeft. Het ligt echter niet in het bestek van dit boek om op deze materie diep in te gaan. Volstaan wordt met hiervoor te verwijzen naar de speciale studies over kaartprojecties.

Het eerste punt, waarover men een beslissing moet nemen, alvorens met een hydrografische opneming aan te vangen, is de schaal, d.w.z. de verhouding tussen de afstanden op de kaart en de overeenkomstige afstanden op de aardoppervlakte.

Hierbij dient dan bovendien rekening gehouden te worden met het feit, dat de schaal van opneming als regel twee maal die van de uit te geven kaart dient te zijn.

Het is duidelijk, dat een grotere schaal meer detailwerk op de kaart toelaat. Daarom worden toegangen tot havens, ankerplaatsen, ingewikkelde terreinen e. d. op grote schaal opgenomen. Practische overwegingen van tijd en kosten leiden er echter toe om minder gecompliceerde gebieden en open zeeën, met minder kans op gevaren, op kleiner schaal op te nemen.

Gewoonlijk staat de door de opnemer te bezigen schaal in zijn instructie. Is dit niet het geval, dan zal hij zich bij zijn keuze laten leiden door de aard en belangrijkheid van het op te nemen terrein. Betreft het b.v. een rivier van 500 m breed, dan kunnen hierin moeilijk een vaarwater en gevaren worden aangegeven, indien deze breedte niet wordt weergegeven door een afstand van tenminste 4 cm op de kaart, d.w.z. 125 m door 1 cm, dus schaal 1 : 12.500. Een ander voorbeeld is, dat de opnemer i. v. m. de terreingesteldheid het nodig vindt om de lodingslagen te leggen op 100 m of 600 m afstand. Aannemende, dat, teneinde de dieptecijfers behoorlijk te kunnen tekenen, de lodingslagen op het blad 8 mm uit elkaar moeten vallen, wordt de schaal van opneming resp. 1 : 12.500 of 1 : 75.000. Tenslotte zijn de grootte van de teken-tafel en van het papier, benevens de verstrekte instrumenten, ook factoren, waarmede men rekening dient te houden bij het bepalen van de schaal van opneming.

De grondslag ener opneming, het vaste geraamte van de kaart welke hieruit ontstaat, is een stel nauwkeurig bepaalde, in onderling verband vastgelegde punten. De berekeningen van de onderlinge afstand en richting dezer punten geschiedt uit een stel driehoeken en wordt triangulatie genoemd. De leider ener opneming zal na bestudering der bestaande kaart en na vluchtige verkenning van het terrein, een voorlopig plan der uit te voeren triangulatie opmaken. De berekende triangulatiepunten worden op een vooraf bepaalde schaal op het blad gezet, waardoor men een verkleinde afbeelding krijgt van de onderlinge ligging dier punten op de aardoppervlakte.

Gewoonlijk is een nauwkeurige meting van de afstand tussen twee punten op aarde niet zo eenvoudig en het zou niet mogelijk zijn om de afstanden tussen alle triangulatiepunten te meten. Heeft men evenwel de afstand tussen twee triangulatiepunten gemeten en meet men vervolgens de horizontale hoeken uit deze punten met nabijgelegen punten en zo vervolgens, dan kan men op deze wijze een net van driehoeken vormen, waaruit alle gewenste afstanden te berekenen zijn.

De lengte van één zijde van de eerste driehoek wordt dus zo zuiver mogelijk bepaald; voor de verdere berekeningen zijn dan slechts nog hoekmetingen nodig. De eerste zijde wordt de basis der triangulatie genoemd, terwijl de berekende punten van het hoofddriehoeksnet, dat uit zo gunstig en liefst zo groot mogelijke driehoeken zal bestaan, primaire triangulatiepunten heten. Uit deze punten worden gelijktijdig door horizontale hoekmeting de richtingsverschillen gemeten met kenbare punten, welke later nodig zullen zijn voor de plaatsbepaling, tekenen van de kustlijn, topografische details e. d. Dergelijke punten noemt men secundaire punten. Bij de keuze dezer punten dient men ermede rekening te houden, dat de opnemer als regel drie punten van de opneming van elke plaats op zee moet kunnen zien, ten einde zijn plaats tijdens het lodingwerk te kunnen bepalen.

Evenals de lengten der driehoeks zijden berekend kunnen worden uit een bekende basis, zo kunnen ook de richtingen afgeleid worden uit het azimuth van één zijde,

nl. door toepassing van de in het horizontale vlak gemeten hoeken. Dit azimuth wordt verkregen uit astronomische waarnemingen op sterren of op de zon; kompas-richtingen zijn voor dit werk onvoldoende nauwkeurig, al kunnen zij somtijds van waarde zijn.

Tenslotte moeten de geografische coördinaten van één of meer triangulatiepunten bepaald worden, teneinde de juiste ligging van de opneming op het aardoppervlak te kennen en de kaart dienovereenkomstig van een graadverdeling te voorzien. Deze coördinaten worden berekend uit astronomische observaties op daartoe geschikte hemellichten.

### 1.5 Eisen gesteld aan een hydrografische opneming

De uiteindelijke kaart moet een volledige, nauwkeurige, leesbare en getrouwe afbeelding zijn van het gehele gebied, dat zij weergeeft. Behalve de details, welke op de kaart zijn weergegeven, worden nog verschillende aanvullende inlichtingen opgenomen in de zeemansgidsen en andere hydrografische publicaties.

Teneinde zulks mogelijk te maken, kan de volgende korte opsomming van de eisen, waaraan een hydrografische opneming moet voldoen, gegeven worden:

- a. Het gehele tot de opneming behorende zeegebied moet, met op regelmatige afstanden liggende evenwijdige lodingslagen, tot aan de hoogwaterlijn belood worden. De verrichte lodingen dienen op het terrein nauwkeurig bekeken te worden, zodat geen onregelmatige diepten over het hoofd gezien worden. Indien deze gevonden worden, dan zullen ter plaatse aanvullende lodingen plaats hebben c.q. deze gedeelten afgedregd worden.
- b. De positie van – en het minste water boven elke ondiepte, inclusief onderwater riffen, rotsen, banken, wrakken en andere gevaren voor de scheepvaart, moet nauwkeurig bepaald en duidelijk geкартеerd worden.
- c. De plaats van stroomrafelingen, draaikolken, sero's en soortgelijke zaken, van belang voor de zeeman, moet vastgelegd en op de kaart aangegeven worden. Eveneens dient de juiste ligging bepaald en aangegeven te worden van, lichtschepen, boeien en andere zeemerken, terwijl hun volledige gegevens opgegeven dienen te worden.
- d. Grondsoorten moeten veelvuldig en met regelmatige intervallen bepaald worden, vooral op plaatsen, waar schepen kunnen ankeren. Waar nodig zullen bodemonsters genomen worden ter bevordering van de kennis van de gesteldheid van de zeebodem.
- e. Merklijnen en lichtenlijnen zullen met bijzondere zorg belood en op de kaart aangebracht worden.
- f. Zowel de hoog- als de laagwaterlijn moeten zuiver bepaald worden, benevens de aard van de kust, teneinde zulks met de juiste symbolen op de kaart te kunnen aangeven.
- g. Alle topografische details, welke voor de zeeman bij het aanlopen van land en voor het bepalen van zijn plaats van belang kunnen zijn, moeten nauwkeurig bepaald worden, waarbij bijzondere aandacht geschonken moet worden aan bergtoppen en andere kenbare punten met hun hoogten. Terreininverheffingen nabij de kust moeten, voor zover zulks mogelijk is, door hoogte- of vormlijnen worden aangegeven.

- h. De waterstanden zullen waargenomen worden voor het reduceren der diepten tot het vlak van de kaart en voor het benaderen der getijconstanten.
- i. Stroomwaarnemingen dienen verricht te worden voor het verstrekken van de nodige inlichtingen aan de zeeman, terwijl, indien de omstandigheden zulks toelaten, de periode, waarover waargenomen wordt, van zo lange duur moet zijn, dat stroomconstanten benaderd kunnen worden.
- j. Landverkenningen, hetzij foto's dan wel tekeningen, zullen gemaakt worden als hulp voor de zeeman bij het aandoen van hem onbekende landgedeelten. Landverkenningen vanaf de plaats, waar merklijnen in gebruik komen, zijn van bijzondere waarde.
- k. Contrôle van de magnetische variatie, volgens de variatiekaarten, zal waar mogelijk plaats vinden.
- l. De namen van steden, dorpen, rivieren, hoeken, heuvels, riffen, rotsen, eilanden en andere belangrijke objecten, en de juiste spelling dienen verkregen te worden.
- m. Alle informatie, benodigd voor de samenstelling en verbetering van zeemansgidsen en andere hydrografische boekwerken, dient gedurende de opneming verzameld te worden. Deze informatie omvat o.a. een algemene beschrijving van de kust en voorliggende eilanden en gevaren, aanwijzingen voor het binnenlopen en verlaten van havens, volledige gegevens over lichten en andere navigatiehulpmiddelen, havenfaciliteiten e.d.
- n. De opneming moet op de aardoppervlakte gelocaliseerd worden en het rechtwijzend noorden door astronomische observaties zeer zuiver bepaald worden.
- o. Triangulatiepunten, welke van belang zijn voor het later voortzetten van het werk of voor een heropneming, dienen permanent gemerkt te worden, evenals verkenmerken, met het oog op het terugvinden van het gebruikte reductievlak bij een eventuele heropneming.
- p. Van basismetingen, triangulatie en alle waarnemingen op het terrein verricht dient een uitgebreid rapport ingediend te worden. Op de noodzaak van nauwkeurige en systematische vermelding van *alle* gegevens verkregen gedurende de opneming kan niet genoeg gewezen worden. Dit is de enige werkelijke contrôle op de nauwkeurigheid van de kaart. Bovendien zullen deze rapporten, tenzij zij glashelder en volkomen begrijpelijk zijn, in latere jaren geheel waardeloos zijn.
- q. Van de weersomstandigheden gedurende de gehele opneming dient verslag uitgebracht te worden.
- r. De opnemer zal trachten alle mogelijke inlichtingen te verzamelen, waarvan verwacht kan worden, dat zij van belang zijn voor bevordering van de wetenschap in het algemeen, en, in het bijzonder, op hydrologisch gebied, zoals temperatuur en zoutgehalte van de oceaan op verschillende diepten.

## 1.6 Beknopt overzicht van het maken van een zeekaart

Ten einde zich een beeld te kunnen vormen van de wijze waarop een zeekaart tot stand komt, wordt een beknopt en globaal overzicht gegeven van de verschillende fasen welke doorlopen worden, zonder daarbij in details af te dalen.

Wordt besloten van een bepaald zeegebied een kaart uit te geven of wel de bestaande kaart te herzien, dan wordt hiertoe een *instructie* samengesteld. Rekening houdende met eventuele ontvangen wensen van scheepvaartmaatschappijen e.d.,

worden alle gegevens van het betreffende terrein, welke uit oude manuscripten op het Bureau Hydrografie geput kunnen worden en voor de aanstaande opneming van waarde kunnen zijn, door de diverse cartografen verzameld. Deze worden, eventueel vergezeld van bijzondere wensen in verband met de kaartering of voor aanvulling van de hydrografische publicaties, de Chef der Hydrografie voorgelegd, waarna deze de instructie samenstelt. De opnemer, die belast zal worden met de uitvoering der opdracht, vindt hierin dus niet alleen zijn taak (b.v. grenzen op te nemen gebied, benaderen getijconstanten, dreggen enz.), doch ook alle bekende gegevens van vroeger (b.v. gemerkte triangulatiepunten, astronomische stations, gebruikt reductievlak enz.), benevens, indien het een locale heropneming betreft, tevens vaak het doel der opneming, de aanvrager en de diepgang der te verwachten schepen. Hij zal zich strikt aan deze instructie houden.

Op het terrein aangekomen wordt een *uitgangspunt* op lengte en breedte bepaald, teneinde de geografische ligging van het op te nemen terrein op de aardoppervlakte met juistheid op de kaart te brengen.

Afhankelijk van de ingewikkeldheid van het af te beelden terrein, wordt de *schaal* zodanig gekozen, dat alle werk duidelijk en ruim gedetailleerd kan worden aangegeven.

Vervolgens wordt, teneinde de onderlinge ligging van punten, wat betreft afstand en richting, juist weer te geven, een *basis* bepaald en een *azimuth* geobserveerd. Deze vormen de grondslag voor de op te zetten *triangulatie* waarmede de hoofdpunten — de ruggegraat der opneming — door hoekmetingen bepaald worden. De secundaire punten worden hiertussen ingemeten. De primaire of hoofdpunten worden immer nauwkeurig berekend.

Teneinde een en ander in tekening te zetten, worden aan boord verschillende *werkbladen* vervaardigd, welke naar gelang van het doel, waarvoor zij gebruikt worden, onderscheiden worden in constructieblad, sloepsblad, dregblad, bergenblad en minuutblad.

Het *constructieblad* is het document, dat de meetkundige grondslag en alles, dat door constructie wordt vastgelegd, bevat. Dit blad wordt voorzien van een zeer nauwkeurig getekend net van coördinaten. Hierop kunnen de berekende punten dan zeer zuiver op lengte en breedte worden afgezet, waarna de lodingtochten en het overige werk met grote accuratesse erop geconstrueerd kunnen worden.

Voor het bijhouden van de plaats in de sloep en het inschetsen van de kust tijdens een lodingtocht wordt het *sloepsblad* gebruikt. Als regel wordt dit verkregen, door m. b. v. een calque de punten, welke voor het lodingwerk gebruikt zullen worden, van het constructieblad over te nemen. Een enkele keer komt het echter voor, dat deze punten nog niet op het constructieblad zijn aangegeven. In dit geval kunnen zij, teneinde het werk voortgang te doen vinden, zo nauwkeurig mogelijk m. b. v. een dubbele decimeter en een gradenboog op het sloepsblad geconstrueerd worden. Een dergelijk blad wordt ook gebruikt in de dregboten tijdens het dreggen.

Een constructieblad, dat uitsluitend gebruikt wordt voor de constructie van dregtochten, heet *dregblad*.

Voorts komt het voor, dat een constructieblad een te klein gebied beslaat voor de constructie van bergen of bergtoppen, welke op grote afstand liggen. Teneinde zulks toch mogelijk te maken, wordt een constructieblad op kleinere schaal vervaardigd, dat dan uitsluitend voor dit werk bestemd wordt. Een dergelijk blad noemt men *bergenblad*.

Nadat het werk op het constructieblad is afgezet, wordt het op uiterst nauwkeurige wijze d. m. v. een calque in potlood overgebracht op het van een identiek coördinaten-net voorziene *minuutblad*. De term „minuut” of „minute” wordt hier gebruikt in de betekenis van „eerste” of „oorspronkelijk”. Op dit document komen alle uitgewerkte gegevens. Op de overgebrachte lodingslagen worden aan de hand van de gegevens, welke op de lodingtochten verzameld zijn, en van de getijgegevens de dieptecijfers, herleid tot het reductievlak van de kaart, op hun juiste plaats ingevuld. Tevens worden de dieptelijnen, kustlijn, topografische details, namen e. d. alle in inkt aangebracht.

Dit blad met alle overige documenten en verzamelde gegevens wordt naar het Bureau Hydrografie gezonden, alwaar het in handen gesteld wordt van twee cartografen, nl. één voor het vervaardigen van de uiteindelijke zeekaart en één voor het maken van de beschrijving van de zeemansgids en andere boekwerken.

De cartograaf van de zeekaart vervaardigt thans uit het minuutblad en alle overige hem ten dienste staande gegevens een getekende kaart, de z.g. *netkaart*. Deze kaart wordt op de schaal van de uit te geven zeekaart gemaakt en bevat alleen datgene, dat op de zeekaart moet staan.

Zodra dit gereed is, geeft hij het door aan de tekenaar, die het geheel minutieus overbrengt op *astralon*, een zeker soort plastic, dat verder als *moederplaat* dienst doet.

Door verschillende manipulaties wordt het beeld van deze moederplaat overgebracht op een zinkplaat, *drukplaat* geheten, welk beeld thans d. m. v. een drukpers wordt overgebracht op papier, waarmede dan de *zeekaart* verkregen is. Opgemerkt wordt, dat hiermede slechts het beeld, voor zover het in zwart op de kaart wordt weergegeven, op het papier gedrukt wordt. Voor elke andere kleur dient een afzonderlijke z.g. *tintplaat* gebruikt te worden.

Het vorenstaande is slechts als een algemeen overzicht bedoeld. De details zullen in de volgende hoofdstukken behandeld worden.

## 1.7 De stand der hydrografische opnemingen

De hydrografische opnemingen worden in Nederland als regel verricht door twee opnemingsvaartuigen met toegevoegd klein materieel. Zij zijn slechts gedurende de zes zomermaanden werkzaam en zijn in hoofdzaak bemand met vast burgerpersoneel. De leiding berust bij een zeeofficier, meestal een toekomstig commandant van een van Hr. Ms. opnemingsvaartuigen in de overzeese rijksdelen of Indonesië, aan wie een paar jongere zeeofficieren zijn toegevoegd.

Het hydrografisch terreinwerk bestaat in Nederland hoofdzakelijk uit contrôle der zeegaten en vaarwaters, welke door de aard van de bodem — zand en modder — en onder invloed van de getijstromen zich voortdurend wijzigen. Ook de Dienst van het Loodswezen, de Rijkswaterstaat en de Dienst der Zuiderzeewerken voeren vele plaatselijke opnemingen uit en er is tussen deze vier Diensten een voortdurende uitwisseling der verkregen gegevens. In tegenstelling met het werk overzee speelt de hydrografische triangulatie in Nederland slechts een zeer ondergeschikte rol. De meetkundige grondslag, waarop het werk berust, is eertijds uitgevoerd onder leiding van de Rijksc commissie voor Graadmeting en Waterpassing, terwijl sinds 1930 nieuwe kenbare punten worden bepaald en eventuele veranderingen worden bijgehouden door de Bijhoudingsdienst der Rijksdriehoekmeting. Slechts in enkele gevallen worden bijzondere punten door Hydrografie bepaald, welke alsdan verbonden worden aan de meetkundige grondslag gevormd door de Rijksdriehoekmeting.



In de Oost Indische Archipel is eerst in de allerlaatste jaren der vorige eeuw op voortvarende en moderne wijze het werk aangevat. De sterke uitbreiding van de scheepvaart, de grotere diepgang der nieuwe schepen en het openleggen van nieuwe gebieden brachten een grote drang naar goede zeekaarten.

De eerste stelselmatige opneming van de gehele Archipel — met uitzondering van de Zuidkust van Java beOosten de Wijnkoopsbaai (exclusief een enkele locale opneming) en de Zuidkust van Nieuw-Guinee beOosten de meridiaan van  $136^{\circ}45' E$  — is thans voltooid, waarmede echter niet gezegd is, dat de huidige kaarten feilloos zijn. Bij een heropneming zal o.a. aan de volgende punten de nodige aandacht besteed moeten worden:

- a. Verschillende gedeelten van de „open-zeegebieden” (hieronder te verstaan Java Zee, Flores Zee, Banda Zee enz.) zijn niet systematisch opgenomen, waarbij speciaal genoemd wordt de Geelvink Baai.
- b. Als gevolg van de invoering van de radio-electronische navigatiehulpmiddelen zal de triangulatie zodanig nauwkeurig moeten worden uitgevoerd, dat er geen rammeling te ontdekken is in het locale meetkundig verband noch in het grote meetkundig verband (onderlinge ligging van eilandengroepen, alsmede de ligging t. o. v. omringende landen) der kaarten.
- c. In verschillende gebieden zal meer zorg besteed moeten worden aan de details van het bodemprofiel.
- d. Opsporen van gevaren d. m. v. dreggen.
- e. Het beter bepalen van de verticale en horizontale waterbeweging.

Vóór 1940 waren aan deze arbeid gemiddeld drie opnemingsvaartuigen werkzaam, gedeeltelijk behorende tot de Koninklijke Marine en gedeeltelijk tot de Gouvernementsmarine (thans Lands Scheepvaart Dienst).

In Suriname en de Nederlandse Antillen is nooit een eigenlijk opnemingsvaartuig werkzaam geweest. Aan de hand der gegevens, welke in de loop der jaren door de stationschepen der Koninklijke Marine werden verzameld, van de opnemingen welke door enkele zeeofficieren met behulp van plaatselijk personeel en materieel werden verricht en aan de hand van de topografische kaarten, kon in 1938 voor het eerst gezegd worden, dat de Nederlandse zeekaarten en de zeemansgids van dit gebied aan alle billijke eisen voldeden. Ook hier geldt echter, dat het moderne scheepvaart-verkeer met de huidige navigatiehulpmiddelen hogere eisen stelt, zodat bij revisiewerk de nodige aandacht zal moeten worden besteed aan de hiervoren genoemde punten.

## II. INSTRUMENTEN

### 2.1 Meetlint, invardraad of -band en veerunster

*Meellinten* worden — veelal in lengten van 20, 30 of 50 meter — vervaardigd van staal. De uitzettingscoëfficiënt van staal is belangrijk en is afhankelijk van de samenstelling. Door de fabriek dient te worden opgegeven de ijk lengte van het lint onder een bepaalde spanning, benevens de uitzettingscoëfficiënt. In verband met het feit, dat de temperatuur van het lint bij de meting niet met grote nauwkeurigheid bepaald kan worden, zijn stalen meetlinten ongeschikt voor een basismeting, waaraan hoge nauwkeurigheidseisen gesteld worden.

Nadere bijzonderheden over meetlinten worden vermeld in par. 5.5.1.

*Invardraden* en *invarbanden* worden in lengten van 24, 25 of 50 meter vervaardigd uit een legering van ongeveer 36% nikkel, 64% ijzer en  $\frac{1}{2}$ % andere grondstoffen. De uitzettingscoëfficiënt van deze legering is zeer gering, zodat de onvermijdelijke fouten in de temperatuurschalen een veel kleinere invloed hebben dan bij stalen meetlinten het geval is.

Invardraden en -banden vinden voor nauwkeurige basismeting dan ook uitgebreide toepassing. Door een erkend ijk instituut wordt hun lengte bepaald onder een bepaalde spanning en temperatuur, terwijl tevens de uitzettingscoëfficiënt wordt vastgesteld.

Nadere bijzonderheden worden aangetroffen in par. 5.5.2.

*Veerunsters* worden gebruikt om metingen met een stalen meetlint te verrichten onder de spanning, waarvoor het meetlint geijkt is; deze spanning is meestal 10 kg. De door een veerunster aangegeven spanning dient regelmatig gecontroleerd te worden m. b. v. geijkte gewichten. Voor het aanbrengen van de ijkspanning bij metingen met invar, wordt uitsluitend gebruik gemaakt van gewichten.

Voor nadere bijzonderheden wordt verwezen naar par. 5.5.1 en 5.5.2.

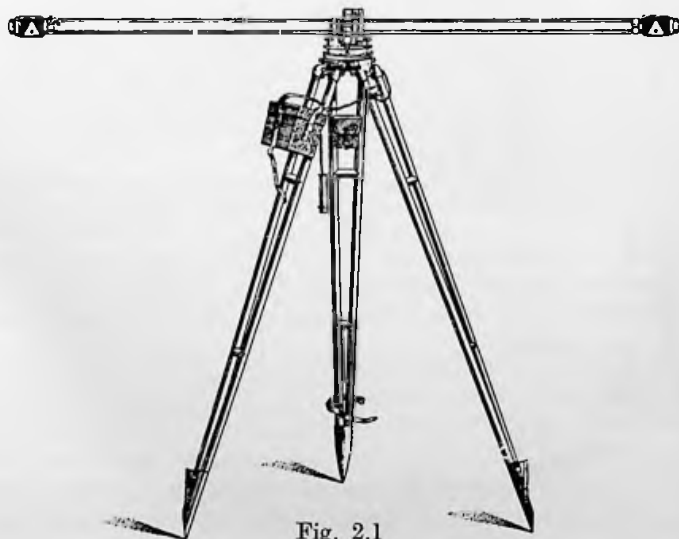


Fig. 2.1

## 2.2 Invar basislat met statief (fig. 2.1)

De *invar basislat* van Wild bestaat uit twee stalen buizen, welke aan één einde d. m. v. een scharnier met elkaar verbonden zijn, terwijl de meetmerken zich aan de vrije uiteinden bevinden.

In de buizen bevindt zich de invardraad, waaraan de bevestiging en de verbinding met het meetmerk is aangegeven in fig. 2.2. Bij het scharnier is de draad in

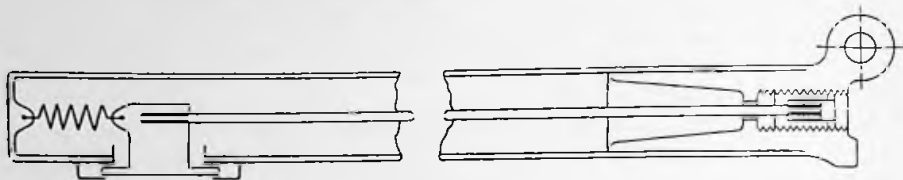


Fig. 2.2

de buis vastgeschroefd, terwijl het andere uiteinde d. m. v. een veer naar buiten getrokken wordt. Hierdoor kan het, met het buiteneinde van de draad verbonden, meetmerk zich in de langsrichting van de buis al naar de draadspanning (voor compensatie van temperatuur) verplaatsen. De invardraad hangt vrij in de buis, zodat lichte beschadiging van de laatste geen invloed heeft op de afstand tussen de meetmerken.

De fijn afgewerkte meetmerken, elk bestaande uit een witte driehoek op een zwarte achtergrond, waarvan het toppunt het meetpunt is, zijn beschermd op de stalen buis aangebracht. In de driehoeken is loodrecht onder het meetpunt een rood glas aangebracht, waarachter een lampje. Een tas, welke aan het statief bevestigd kan worden, met batterij en snoeren maakt nachtmetingen mogelijk. De afstand tussen de meetpunten, en dus ook de rode glaasjes, is precies 2 meter.

In toegeklapte stand worden de buizen geborgd door een knip nabij de meetmerken.

Bij het scharniereinde bevindt zich op de buizen een kleine kijker, waarvan de optische as loodrecht staat op de verbindingslijn der meetmerken, een knevel voor het vastzetten van de buizen in opengeklapte stand, waarbij het zuiver in elkaars verlengde liggen der zich daarin bevindende invardraden verzekerd wordt, en het stopcontact voor de verlichting.

De as van het scharnier, waarop een klemschroef is aangebracht, is tevens de as van de stelplaat met doosniveau en 3 stelschroeven.

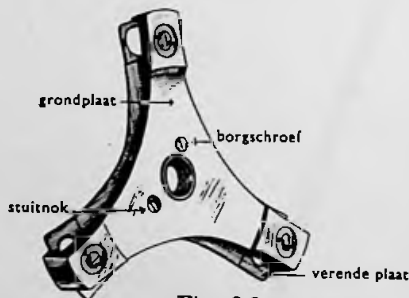


Fig. 2.3

De drie voeten van de stelschroeven rusten op de grondplaat, welke d. m. v. de schroefstang op de statiefkop wordt vastgeklemd. De armen van de grondplaat zijn elk voorzien van een in langsrichting lopend gleufje voor plaatsing van de stelschroeven der stelplaat. Voorts is de grondplaat voorzien van een verende plaat met stuitnok en borgschroef. Is de borgschroef m. b. v. een schroevendraaier uitgedraaid, dan kan de

verende plaat, waarvan de horizontale beweging door de stuitnok begrensd wordt, zodanig gedraaid worden, dat de dikke onder-einden van de stelschroeven van het erop te plaatsen instrument (basislat, theodoliet enz.) door uitsparingen in de verende plaat kunnen passeren, zodat het instrument komt te staan op de grondplaat. Draait men daarna de verende plaat weer terug, totdat deze stuit, en zet men de borgschroef vast, dan kan het instrument niet alleen niet meer verwijderd worden, doch dit staat dan, indien verwisseling van instrument heeft plaats gevonden, in dezelfde stand gecentreerd als het vorige. Men noemt dit de *dwang-centrering*.

Tenslotte zij vermeld, dat het, gezien de opgedane ervaringen, *onder alle omstandigheden verboden is het statief met daarop geplaatst instrument te verplaatsen*.

Het *justeren* van de invarbasislat geschiedt in de fabriek en men onthoude zich ervan dit zelf te doen. Men behoeft normaliter geen ontregeling te vrezen, daar de lat stevig is uitgevoerd en de invardraad goed beschermd is. Wel zal men vóór en na een nauwkeurige meting zo enigszins mogelijk de lat laten verifiëren op een comparator voor eventuele correctie van de juiste lengte.

Het *statief*, dat door Wild bij de invarbasislat geleverd wordt, kan tevens gebruikt worden voor de door deze firma geleverde theodolieten. Het bestaat uit een plat bovenvlak, de kop, waaraan drie uitschuifbare poten, voorzien van metalen punten, scharnierend zijn bevestigd. Elke poot is voorzien van een vleugelmoer om de uitgeschoven poten op de gewenste lengte, i. v. m. de ooghoogte van de waarnemer, te klemmen. Voorts is één der poten voorzien van een plaat voor het ophangen van de leren tas van de verlichtingsbatterij, terwijl een andere poot aan de binnenzijde een leren tas draagt, waarin een soksleutel voor het aandraaien der moeren, benevens het schietlood. Op de derde poot bevinden zich twee gaatjes voor het insteken van een schakelaar van de verlichting. In dichtgeklapte stand worden de drie poten samengebonden door een leren riempje.

Aangezien het statief zo gering mogelijk gewicht en zo groot mogelijke stabiliteit moet hebben, is elke poot samengesteld uit een eenvoudig houten vakwerkje, dat aan de bovenkant in een metalen schoen is geklemd. Men lette er vooral op, dat er geen speling is tussen metaal en hout, zowel hier als bij het onder-einde der poten. Aandraaiing van de moeren kan op eenvoudige wijze plaats vinden m. b. v. de soksleutel. Ook de scharnierende bevestiging van de poten aan de statiefkop kan m. b. v. deze sleutel aangezet worden door de zich onder de statiefkop bevindende klem-schroeven aan te draaien. Dit behoort zodanig stevig plaats te vinden, dat elke poot bij een spreiding van 60 cm vrij blijft staan.

In de statiefkop bevindt zich een arm met gleuf, waarin de schroefstang heen en weer kan glijden. Hierdoor wordt bewerkstelligd, dat aan het te plaatsen instrument een speling van 2,5 cm rond het centrale punt van de statiefkop wordt toegestaan.

De schroefstang, die de grondplaat vastklemt aan de statiefkop, is in langs-richting doorboord. De huls van het schietlood, welke aan de onderzijde wordt ingevoerd, kan hierin, na een kwart slag te zijn gedraaid (bajonetsluiting), worden opgehangen.

Teneinde goede meetresultaten te verkrijgen, dient geschikt te worden over een stevig, trillingsvrij opstellingsvlak. Daarom dient aan het statief en zijn opstelling

bijzondere zorg besteed te worden. Bij het Wild-statief met uitschuifbare poten dient als volgt gehandeld te worden.

De poten worden zo ver uitgeschoven, dat het daarop te plaatsen instrument na de opstelling op ooghoogte van de waarnemer zal komen, waarna de vleugelmoeren stevig worden aangedraaid. Vervolgens geeft men de drie poten ongeveer 60 cm spreiding, hangt het schietlood op in de schroefstang en plaatst het geheel boven het gewenste punt. Door kleine verplaatsing van de poten wordt de statiefkop zo horizontaal mogelijk gesteld, terwijl het schietlood zo zuiver mogelijk komt te hangen. Zoals reeds vermeld is, heeft het daarop te plaatsen instrument, na plaatsing op de kop en alvorens de schroefstang vast aan te draaien, 2,5 cm speling rond het centrale punt.

Eerst daarna worden de drie poten gelijkmatig en stevig in de grond getrapt. Het is onjuist twee poten eerst in een verticale stand te zetten, dan in te trappen en pas daarna met de derde poot de kop vlak te stellen. Dan zal in deze derde poot in het algemeen een trekkracht ontstaan, hetgeen de stabiliteit van de opstelling ongunstig beïnvloedt.

Opgemerkt wordt, dat bij oude statiefconstructies de poten met vleugelmoeren aan de metalen kop zijn geklemd. Bij zulke driepoten dient erop gelet te worden, dat de vleugelmoeren tijdens het opstellen los zijn en pas aangedraaid worden, als de poten vast in de grond staan.

Tenslotte wordt nog onder de aandacht gebracht, dat felle zonbestraling of onregelmatige verwarming een vaste opstelling nadelig beïnvloeden.

Is het statief goed opgesteld, dan kan overgegaan worden tot het plaatsen van de invarbasislat, waarbij uitgegaan wordt van de veronderstelling, dat gebruik gemaakt wordt van de dwangcentrering.

De grondplaat van de dwangcentrering wordt zodanig op de statiefkop geplaatst, dat de borgschroef van de verende plaat vrij is van de arm met gleuf van de schroefstang, waardoor behandeling van de borgschroef m. b. v. een schroevendraaier verzekerd is. Met losgedraaide borgschroef wordt de grondplaat, na zuiver centrisch m. b. v. het schietlood geplaatst te zijn, d. m. v. de schroefstang zeer stevig vastgezet. De verende plaat wordt zo ver mogelijk tegen zon gedraaid, zodat de grote spaaropeningen staan boven de punten, waarop de stelschroeven van de stelplaat komen.

Vervolgens wordt de knip aan het vrije uiteinde van de buizen der basislat losgemaakt, de lat geheel opengeklapt en met de knevel nabij het scharnier vergrendeld, waardoor de onderlinge juiste stand der twee buizen met invardraad verzekerd is. Daarna zet men de lat op de grondplaat en draait de verende plaat zoveel mogelijk met zon. Het instrument staat nu vast en is tevens centrisch opgesteld. Met behulp van de drie stelschroeven wordt het thans volgens het doosniveau genivelleerd, waarna de horizontale klemschroef wordt losgedraaid en de kleine kijker op de verticale as van de theodoliet gericht. Is dit geschied, dan wordt de horizontale klemschroef vastgedraaid, waarna men gereed is voor de meting.

Is de meting afgelopen, dan wordt de kleine kijker ingeklapt, de verende plaat tegen zon gedraaid en de gehele lat voorzichtig van de grondplaat gelicht. Daarna, en *niet eerder*, worden de twee buizen samengeklapt. Door de dwangcentrering wordt een volgend instrument, dat op het statief geplaatst wordt, automatisch gecentreerd.

Voor het *meten* van de afstand m. b. v. een invarbasislat, hetgeen berust op een hoekmeting met een theodoliet (z.g. indirecte afstandmeting), wordt bij voorkeur

een Wild T 2 gebruikt, alhoewel elke theodoliet hiervoor gebezigd kan worden. Het spreekt echter vanzelf, dat de kleine hoek waaronder men de beide meetmerken op de basisuiteinden waarneemt, met grote nauwkeurigheid gemeten dient te worden, aangezien de nauwkeurigheid van de te meten afstand vrijwel uitsluitend daarvan afhankelijk is. In het bijzonder wordt erop gewezen, dat de scherpstelling van de kruisdraden op de meetmerken zo goed mogelijk parallaxvrij moet zijn. Vooral jonge waarnemers zullen door het nog grote accommodatievermogen van hun ogen de parallax niet zo vlug opmerken, aangezien zij het meetmerk en de kruisdraden beter gelijktijdig scherp kunnen zien dan oudere waarnemers. Doch zelfs een kleine parallax zal de richtingsmeting reeds zoveel kunnen beïnvloeden, dat de gevolgen daarvan voor de zeer gevoelige tophoekmeting fataal kunnen worden, waardoor een foute afstand wordt gevonden.

Uit veelvuldige waarnemingen met de Wild T 2 op afstanden tussen 16 en 112 m is gebleken, dat de m.f. van een enkelvoudige tophoekmeting voor een geoefende waarnemer onder normale omstandigheden 2,"6 bedraagt. Als regel neemt men hiervoor aan 3", waarbij men dus aan de veilige kant is, een bedrag dat tevens geldt voor hoekmetingen op scherp afgetekende verwijderde voorwerpen.

De afstand behorende bij de gemeten hoek wordt verkregen uit een tabel, welke bij de uitrusting van de invarbasislat behoort. Aangezien op de horizontale randverdeling van de theodoliet de hoek tussen de twee verticale standvlakken, gaande door de meetmerken, gemeten wordt, verkrijgt men steeds rechtstreeks de *horizontale*

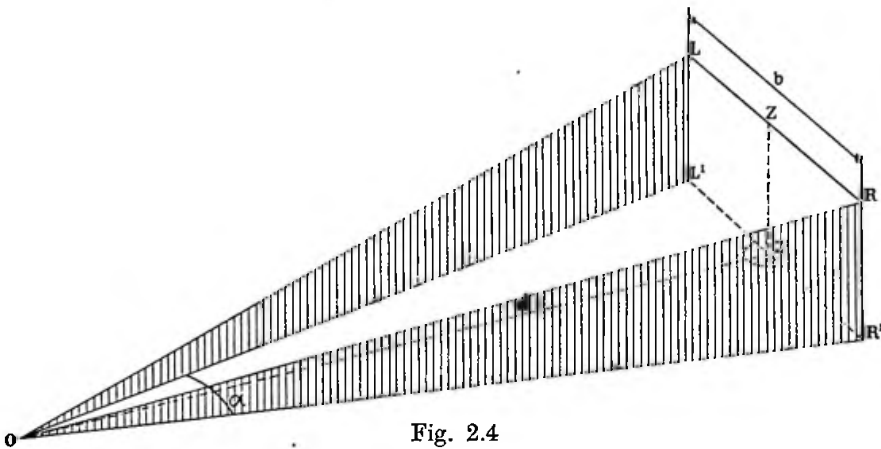


Fig. 2.4

afstand tussen theodoliet en basislat, onafhankelijk van de aard van het terrein (hellend, geaccidenteerd enz.). Is in fig. 2.4  $d$  = de te meten afstand,  $b$  = de lengte van de basislat en  $\alpha$  = de gemeten hoek, dan is

$$d = \frac{b}{2} \cotg \frac{\alpha}{2} \quad (2.2a)$$

Aangezien het onderzoek leert, dat bij normale voorzorgen alle andere foutenbronnen, en dus ook een fout in  $b$ , tegenover de fout in de meting van de tophoek buiten beschouwing kunnen blijven, kan in dit geval met slechts één veranderlijke

## § 2.2

de middelbare fout in de afstand gelijk gesteld worden aan de afgeleide functie van  $d$  naar  $\alpha$ . Noemt men

$m_d$  = de middelbare fout in de lengte  $d$ ,

$m_\alpha$  = de middelbare fout in de gemeten waarde van de tophoek  $\alpha$ ,

dan is:

$$m_d = \frac{b}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{\sin^2 \frac{1}{2}\alpha} \cdot \frac{m_\alpha}{206265}$$

Daar  $\frac{1}{2}\alpha$  een kleine hoek is, kan  $\sin \frac{1}{2}\alpha = \operatorname{tg} \frac{1}{2}\alpha = \frac{b}{2d}$  gesteld worden, zodat

$$m_d = \frac{b}{4} \cdot \frac{4d^2}{b^2} \cdot \frac{m_\alpha}{206265} = \frac{d^2}{b} \cdot \frac{m_\alpha}{206265}$$

Dit geeft voor de Wild invar basislat van 2 meter

$$m_d = \frac{d^2}{2} \cdot \frac{m_\alpha}{206265}$$

Drukt men  $m_d$  uit in millimeters en  $d$  in meters, dan verkrijgt men met een kleine verwaarlozing

$$m_d \text{ (in mm)} = \left( \frac{d \text{ (in m)}}{20} \right)^2 \cdot m_\alpha \quad (2.2b)$$

Hieruit blijkt, dat, wil men  $m_d$  constant houden, bij de metingen van twee afstanden  $d_1$  en  $d_2$  het aantal metingen van de tophoek  $\alpha$  (bij behoud van dezelfde nauwkeurigheid in meting) zich moet verhouden als  $d_1^2 : d_2^2$ . Dit is onmogelijk door te voeren, omdat dan voor lange afstanden de meting te vaak herhaald moet worden. Deze overweging toont een zwakke zijde van deze methode van indirecte afstands-meting. Men kan echter een te meten afstand verdelen in kleinere stukken, welke elk op zichzelf gemeten worden, doch moet dan rekening houden met de voortplantingswet van de fouten. Teneinde een homogeen resultaat te verkrijgen, zal het geheel vanzelfsprekend moeten bestaan uit de som van ongeveer gelijke afstanden.

Voor de verdere uitwerking hiervan wordt gebruik gemaakt van de volgende notaties:

$b$  = lengte basislat in meters (hiervoor is aangenomen 2 m van de Wild invar basislat);

$d_{(m)}$  = rechtstreeks met theodoliet op basislat gemeten afstand in meters;

$D_{(m)}$  = lengte totale basis in meters;

$m_\alpha$  = aantal seconden m.f. in de enkele meting van de tophoek op basislat met theodoliet;

$m_d$  = aantal millimeters m.f. in de éénmaal gemeten afstand  $d_{(m)}$ ;

$m_D$  = aantal millimeters m.f. in de totale basis  $D_{(m)}$ ;

$n$  = aantal malen tophoek  $\alpha$  gemeten;

$y$  = aantal malen totale basis gemeten;

$z$  = gewenste nauwkeurigheid totale basis, b.v. 1 : 50.000;

$x$  = aantal stukken  $d_{(m)}$ , waarin de totale basis gemeten moet worden, teneinde

$$\text{de gewenste nauwkeurigheid te bereiken} = \frac{D}{d}.$$

Uit recente onderzoeken kan worden afgeleid, dat de middelbare fout in de éénmalige tophoeksmeting op zeer bevredigende wijze aan de voortplantingswetten voor ongecorrleerde waarnemingen gehoorzaamt. Derhalve volgt uit formule (2.2 b), geldend voor een basislat van 2 m en éénmaal gemeten tophoek, dat bij n maal meten van de tophoek

$$m_d = \left( \frac{d_{(m)}}{20} \right)^2 \cdot \frac{m_\alpha}{\sqrt{n}}$$

Bestaat de totale basis D uit x gelijke stukken, dan is

$$m_D = \sqrt{x} \cdot \left( \frac{d_{(m)}}{20} \right)^2 \cdot \frac{m_\alpha}{\sqrt{n}}$$

Meet men de totale basis (D) y maal, dan is, aangezien  $d = \frac{D}{x}$ :

$$m_D = \frac{\sqrt{x}}{\sqrt{y}} \cdot \frac{D_{(m)}^2}{400x^2} \cdot \frac{m_\alpha}{\sqrt{n}} = \frac{D_{(m)}^2 \cdot m_\alpha}{400x \cdot \sqrt{xy}n}$$

Wil men een bepaalde nauwkeurigheid z (waarbij z is b.v. 1 : 50.000) van de totale basis bereiken, dan is  $m_D = 1000z \cdot D_{(m)}$ .

Dit invoerende krijgt men:

$$1000z \cdot D_{(m)} = \frac{D_{(m)}^2 \cdot m_\alpha}{400x \cdot \sqrt{xy}n},$$

waaruit is af te leiden

$$x^3 = D_{(m)}^3 \cdot \frac{m_\alpha^2}{ny \cdot (400.000z)^2} \quad (2.2c)$$

Uit deze formule zijn, met betrekking tot het bereiken van een bepaalde nauwkeurigheid, verschillende gevolgtrekkingen te maken, waarvan de meest belangrijke zijn:

- het aantal stukken, waarin de basis gemeten wordt, is omgekeerd evenredig met de derdemachtswortel uit het aantal malen, dat de tophoek gemeten wordt;
- het aantal stukken waarin de basis gemeten wordt, is omgekeerd evenredig met de derdemachtswortel uit het aantal malen, dat de totale basis gemeten wordt;
- vermindering van het aantal stukken, waarin de basis gemeten wordt (dus vergroting van elk stuk op zichzelf), kan, voor een bepaalde basis en bij gebruik van hetzelfde instrument (bij behoud van dezelfde nauwkeurigheid), bereikt worden door het opvoeren van het aantal malen, dat de tophoek gemeten wordt, dan wel het aantal malen, dat de totale basis gemeten wordt. Daar beide methoden bij gelijkelijk opvoeren dezelfde resultaten afwerpen, zou men wellicht voor tijdsbesparing geneigd zijn de voorkeur te geven aan het opvoeren van het aantal malen, dat de tophoek gemeten wordt. Men zal echter steeds een basis door meerdere waarnemers met verschillende instrumenten laten meten.

Voorts zij vermeld, dat Wild aanbeveelt de tophoek viermaal in dezelfde kijkerstand, doch in verschillende, regelmatig verdeelde, randstanden (zulks ter voorkoming



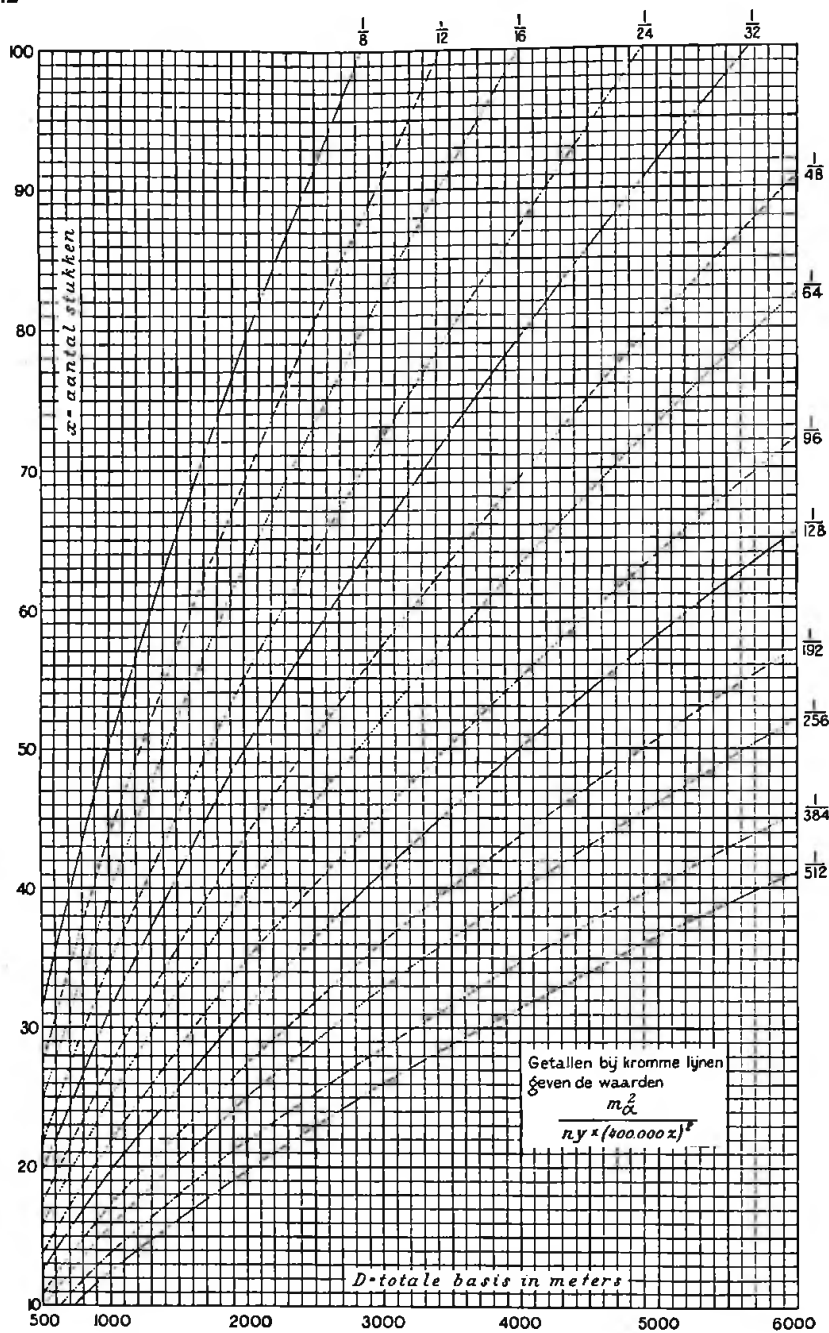


Fig. 2.5

van herhaling van een foutieve aflezing en eliminatie van randfouten), met de Wild T2 te laten meten.

Tenslotte zij opgemerkt, dat in de middelbare fout, welke gevonden wordt m. b. v. formule (2.2 c), niet is inbegrepen de fout als gevolg van het steeds verplaatsen der instrumenten langs de basis.

Met behulp van formule (2.2 c) is de grafiek in fig. 2.5 samengesteld, die op de volgende wijze dient gebruikt te worden.

De gebogen lijnen zijn getrokken voor verschillende waarden van de tweede term van het laatste lid  $\frac{m_{\alpha}^2}{ny \cdot (400.000z)^2}$ , terwijl op de X- en Y-as zijn afgezet respectievelijk de lengte van de totale basis (D) in meters en het aantal stukken, waarin de basis gemeten moet worden (x).

Wordt een basis gemeten, dan berekent men eerst voornoemde term met de specifieke waarden van de uit te voeren meting. Het snijpunt van de gebogen lijn van deze waarde met de ordinaat van de lengte der totale basis geeft op de Y-as het aantal stukken (x), waarin de basis gemeten moet worden. Is dit aantal niet bevredigend, dan kan het gewijzigd worden door hetzij n of y te veranderen. Interpolatie, voor waarden gelegen tussen die der gebogen lijnen, kan op het oog plaats vinden.

Het spreekt vanzelf, dat x een geheel aantal moet zijn om een aantal gelijke afstanden te krijgen. Eventueel wordt naar boven afgerond om zeker te zijn dat de gewenste nauwkeurigheid behouden blijft.

De totale basis (D) gedeeld door het aantal stukken (x) geeft de lengte van elk stuk.

*Voorbeeld.* Een basis van ongeveer 4500 m lengte zal met een theodoliet Wild T2, waarvan de middelbare fout van één hoekmeting wordt aangenomen te zijn 3'', driemaal gemeten worden, waarbij de tophoek steeds 4 maal gemeten zal worden. Gevraagd wordt in hoeveel stukken de basis gemeten moet worden, teneinde een relatieve nauwkeurigheid in de gehele basis te verkrijgen van 1 : 50.000.

De gegevens zijn dus  $D_{(m)} = 4500$ ;  $m_{\alpha} = 3$ ;  $y = 3$ ;  $n = 4$  en  $z = \frac{1}{50.000}$ , zodat

$$\frac{m_{\alpha}^2}{ny \cdot (400.000z)^2} = \frac{3^2}{4 \cdot 3 \cdot (8)^2} = \frac{1}{85}$$

Dit geeft volgens de grafiek  $x = 61,9$ , zodat op de basislat stukken gemeten dienen te worden van  $\frac{4500m}{62} = 72,6$  m.

Berekening volgens formule (2.2 c) geeft

$$x^3 = (4500)^2 \cdot \frac{3^2}{4 \cdot 3 \cdot (400.000 \cdot \frac{1}{50.000})^2} = (4500)^2 \cdot \frac{3}{256}$$

$$x = 61,9$$

Vindt men dit aantal stukken te groot en wenst men dit terug te brengen tot b.v. stukken van ongeveer 100 m lengte, dus 47 stukken van  $\pm 96$  m, dan vindt

men in de grafiek met  $x = 47$  en  $D$  is 4500 voor  $\frac{m_\alpha^2}{ny \cdot (400.000z)^2}$  de waarde  $\frac{1}{192}$ . De veranderlijke grootheden in een specifiek geval zijn  $n$  en  $y$ . In dit bijzondere geval is  $\frac{m_\alpha^2}{(400.000z)^2} = \frac{1}{4}$ , zodat  $ny$  zal moeten worden 48, hetgeen men zou kunnen bereiken door b.v. de topchoeken 8 maal te meten en de totale basis 6 maal. Wil men de totale basis echter niet meer dan 4 maal meten, dan zal men voor behoud van dezelfde nauwkeurigheid de topchoeken 12 maal moeten meten. Er zijn dus meerdere oplossingen mogelijk.

Voor de wijze, waarop een basis m. b. v. een invarbasislat wordt gemeten, wordt verwezen naar par. ~~5.3.2~~ 5.5.3.

*Literatuur* : J. DRAKE. Untersuchung der Genauigkeit und Wirtschaftlichkeit der Entfernungsmessung bei Polygonisierungen mit der Wildschen Invarbasislatte unter gleichzeitiger Verwendung der Zwangszentrierung. (Allgemeine Vermessungs-Nachrichten 1934, blz. 357.)  
Dr. F. ACKERL. Entfernungsmessungen mit der Wildschen Invar-Basislatte. (Zeitschrift für Instrumentenkunde, September 1932.)

### 2.3 Tachymeter

De tachymeter of tacheometer is een instrument, dat is ingericht om op snelle wijze richting, afstand en hoogteverschil tussen 2 punten uit één enkele waarneming te bepalen. De naam bevat de stam van het Griekse woord „tacheos”, hetgeen „snel” betekent.

Met de naam tachymeter wordt gewoonlijk aangeduid een theodoliet, uitgerust met een verticale verdeelde rand, en een kijker, waarvan het kruisdradensysteem is voorzien van z.g. „afstanddraden” (in het Engels: „stadia wires”). Deze afstanddraden zijn meestal korte streepjes, welke symmetrisch geplaatst zijn ten opzichte van de hoofdkruisdraden. Ze kunnen op de horizontale-, dan wel op de verticale kruisdraad, of op beide zijn aangebracht. In het kruisdradensysteem van de theodoliet Wild T2 is het laatste het geval.

Door het scherp stellen van de theodoliet op een verticaal staande- en in centimeters verdeelde baak zal een aflezing verkregen kunnen worden, behorende bij de bovenste- en één, behorende bij de onderste afstanddraad. Een bekende vermenigvuldigingsfactor geeft hieruit, na enige herleiding, de afstand van theodoliet tot baak. In par. ~~5.3~~ zal onder punt 3 nader worden uiteengezet, hoe de afstandmeting met het instrument geschiedt en welke correcties daarop moeten worden toegepast om de invloeden van hoogteverschillen en gebruikt instrument uit te schakelen.

De tachymeter kan als zodanig slechts worden gebruikt in combinatie met een verdeelde baak. Voor zeer onnauwkeurig werk kan een slaggaard als verdeelde baak worden gebezigd, doch het verdient de voorkeur om een in centimeters verdeelde baak te gebruiken en de millimeters te schatten. Indien de tachymeter ook afstanddraden op de horizontale kruisdraad bezit, kan ook worden gewerkt met een horizontale baak, welke daartoe op een statief wordt gemonteerd. Dit laatste kan voordelen meebrengen in geaccidenteerd terrein, daar het gebruik van een horizontale baak het rekenwerk voor de hoogtecorrecties vermindert. Er moet op worden toegezien, dat de verticale baak zuiver verticaal staat en de horizontale baak, behalve zuiver horizontaal, ook loodrecht op de richting naar de theodoliet.

Evenals de invar basislat (par. 2.2) is ook de tachymeter een instrument voor indirecte afstandmeting. Het verschil tussen de beide methoden is gelegen in het

gebruik van een vaste basis en een variabele tophoek bij de invar basislat en van een variabele basis en vaste tophoek bij de tachymeter. Deze vaste tophoek wordt optisch dus gerealiseerd door de afstanddraden en de variabele basis door de aflezingen op de baak, behorende bij de afstanddraden.

Het meten met een vaste tophoek kan bij de tachymeter ook worden bereikt door het plaatsen van een prisma met bekende, kleine brekingshoek voor een gedeelte van het objectief. Deze methode is bij de Hydrografische Dienst niet in gebruik, vereist speciale horizontale noniusbaken en wordt derhalve niet verder besproken.

Het verdient aanbeveling de afstand tussen theodoliet en baak beneden 100 meter te houden. In dat geval en bij toepassing van alle correcties en de juiste constanten zal de middelbare fout in de enkele afstandswaarneming niet groter zijn dan 1 dm per 100 meter afstand, of relatief 1 : 1000.

## 2.4 Spandraadinrichting

De spandraadinrichting (in het Engels: „Taut wire measuring gear” of „Taut wire apparatus”) biedt de opnemer een nauwkeurige methode tot het meten van horizontale afstanden op zee. In het kort komt de afstandmeting er op neer, dat een draad van geringe diameter, welke aan het ene einde op de zeebodem verankerd ligt, over een gecalibreerd telwiel loopt, terwijl het schip de koers stoomt van het traject waarvan de afstand gewenst wordt. Indien het anker niet krabt, zal de draad zich ten opzichte van de grond niet bewegen en worden afgewonden van een rol, die zich aan de spandraadinrichting bevindt. Teneinde te voorkomen dat er loos in de draad zou komen, is de rol onbeweeglijk aan de inrichting gemonteerd en wordt de draad afgenomen door een ronddraaiend blok, de vlieger genaamd (in het Engels: „flyer”). Deze methode van afvieren is overgenomen van de aan boord van kabelleggers gevolgde werkwijze bij het leggen van telefoonkabels in zee.

De spandraadinrichting werd in Engeland ontwikkeld en is bij de Hydrografische Dienst van de Britse Admiraliteit sinds ongeveer 1921 in gebruik. Het eerste apparaat dat door de United States Coast and Geodetic Survey werd gebruikt, werd in 1933 geïnstalleerd aan boord van het opnemingsvaartuig „Oceanographer”. De fabrikant van de spandraadinrichting, „The Telegraph Construction and Maintenance Company, Limited, of East Greenwich, England”, vervaardigt het apparaat in 2 afmetingen. Deze verschillen zowel in werkwijze als in hoeveelheid draad die zij kunnen afvieren. Het grote apparaat neemt aanzienlijk meer ruimte in beslag en is derhalve alleen geschikt voor grotere opnemingsvaartuigen; het kleine apparaat is veel compacter gebouwd en is voor het werk aan boord van kleinere vaartuigen aan te bevelen.

De grote spandraadinrichting is sinds 1951 in gebruik aan boord Hr. Ms. opnemingsvaartuigen en zal hier derhalve uitgebreid worden behandeld; het kleine apparaat zal alleen worden besproken voor zover het afwijkt van het grote.

De grote spandraadinrichting (fig. 2.6) bestaat uit 2, van elkaar gescheiden, gedeelten. Het ene deel is de trommelstandaard (A), waarop zijn aangebracht de draadtrommel (c), de remtrommel (B) op de remas (F), op welke remas eveneens is bevestigd de vliegerarm (E) met de vlieger (D) en het contragewicht (D'). Het andere deel is de meetbank (H), waaraan zijn bevestigd aan de voorzijde 4 geleiderollen (I) een geleidewiel (L), het telwiel (J) en de teller (K), in het midden de dynamometer (M) en aan de achterzijde weer een geleidewiel (O) en geleiderollen (P).

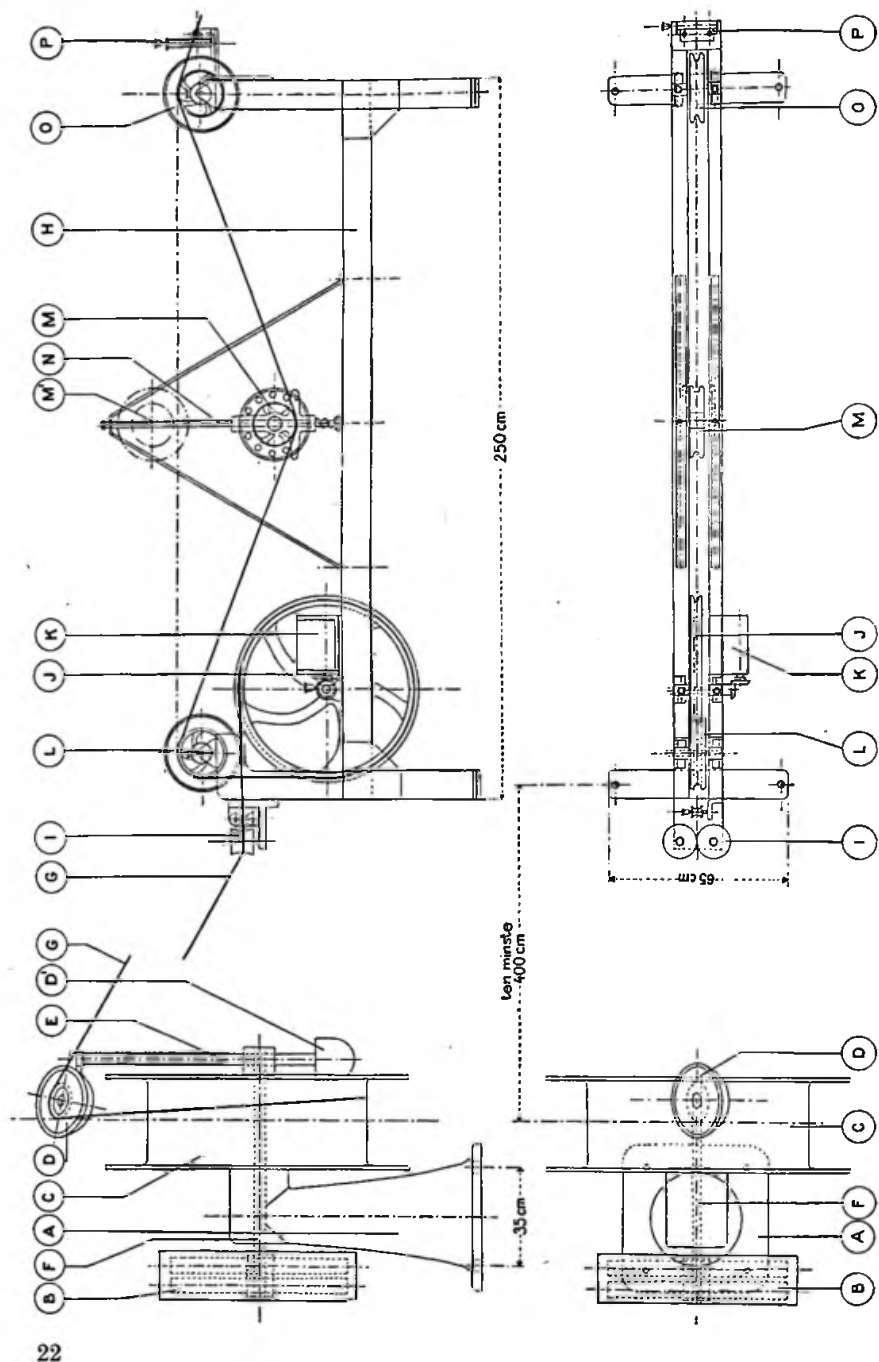


Fig. 2.6

De trommelstandaard is door middel van trekbouten van  $1\frac{1}{4}$ " onverbreekelijk met het scheepsverband opgesteld. De remas loopt horizontaal door deze standaard, evenwijdig aan de kiel van het schip. Aan de voorzijde van de as bevindt zich het remmechanisme, bestaande uit remtrommel, remband en vleugelmoeren, met welke laatste de remband kan worden aangetrokken om de remtrommel. Daar aan de achterzijde van de remas de vliegerarm is bevestigd, kan door middel van de vleugelmoeren een bepaalde spanning aan de uitlopende draad van de draadtrommel worden gegeven. De vliegerarm is afneembaar, teneinde de draadtrommel van de standaard te kunnen nemen en een nieuwe op te zetten. De draadtrommel wordt onbeweeglijk aan de trommelstandaard bevestigd met behulp van een ring met drie armen. De drie armen worden aan de binnenzijde van de draadtrommel met bouten vastgezet, voordat de trommel op de standaard wordt geplaatst. Hierna worden draadtrommel en de ring met drie armen op de trommelstandaard geschoven, waarna de ring met een zware bout aan de trommelstandaard wordt vastgemaakt.

Een volle draadtrommel bevat ongeveer 140 zeemijlen pianodraad van een doorsnede van 0,0285 inch. Deze draad mag niet gegalvaniseerd zijn, daar dit de werking van het telwerk nadelig beïnvloedt. Eventuele splitsen in de draad moeten zeer zorgvuldig zijn afgewerkt, zodat ze bij het passeren van het telwerk niet blijven haken. De draadtrommel moet dusdanig op de trommelstandaard worden aangebracht, dat de vliegerarm door draaiing met zón de draad afwint.

De meetbank is van staal, ongeveer 2,50 meter lang en aan de voet ongeveer 0,65 meter breed. Deze meetbank moet liefst zo dicht mogelijk bij het achterschip worden opgesteld en wordt daar met 4 trekbouten van  $\frac{3}{8}$ " aan dek bevestigd. Aan de voorzijde bevinden zich de 4 geleiderollen, 2 horizontaal en 2 verticaal, welke dienen om de draaiende beweging van de draad (g) tijdens het afwinden door de vlieger van de draadtrommel te elimineren. Voor een goede werking van het instrument is het daarbij nodig, dat de afstand tussen de verticale as van de trommelstandaard en de voorzijde van de meetbank niet kleiner is dan 4 meter. Na het passeren van de geleiderollen komt de draad op het telwiel en ligt aan over drie kwart van de omtrek daarvan, waarna de draad naar boven over het geleidewiel wordt gevoerd. De omtrek van het telwiel is bij benadering 1,853 meter, zodat 1000 omwentelingen ervan ongeveer overeenkomen met 1 zeemijl. De omwentelingen van het telwiel worden aangegeven door de teller, welke alleen gehele omwentelingen registreert en een bereik heeft van 6 cijfers. Vanaf het geleidewiel (L) gaat de draad naar de dynamometer en wordt onder het wiel (m) ervan doorgevoerd. De dynamometer geeft de spanning in de draad aan. Dit instrument bestaat daartoe uit een blokje (m), waarvan de wangen langs 2 geleidestangen (n) verticaal kunnen bewegen. Door 2 springveren wordt het blokje in onderste stand getrokken. De spanning in de uitlopende draad zal het blokje naar boven bewegen, tegen de werking van de veren in. De hoogst mogelijke stand is in fig. 2.6 aangegeven door (m'). Een wijzer aan de bovenzijde van de wangen van het blokje beweegt langs een empirisch samengestelde schaal, waarop de spanning in de draad onmiddellijk is af te lezen. Hierna wordt de draad over het geleidewiel (o) en de drie geleidewielen (p), 2 verticaal en 1 horizontaal, buiten boord gevoerd. Bij het instrument worden 2 reserve draadtrommels geleverd. Een lege draadtrommel kan worden opgestuurd naar de fabrikant, welke voor het opwinden van nieuwe draad zorg draagt.

De werking van de spandraadinrichting is eenvoudig. Nadat het ene einde van de draad op de zeebodem is verankerd en het schip vaart gaat lopen, zal het trekken

van de draad de vlieger doen ronddraaien en de draad doen afwinden. De omwentelingsnelheid van de vlieger hangt af van de snelheid van het schip over de grond. Bij rechte koers en een vlakke zeebodem zal de lengte van de afgevierde draad de gezochte afstand geven. Deze lengte is af te lezen op de teller, door het verschil te nemen tussen de eind- en de beginaanwijzing. Dit bedrag vermenigvuldigd met de omtrek van het telwiel geeft de lengte van de afgevierde draad.

De trommelstandaard en gevulde draadtrommel wegen samen ongeveer 1400 kg, zodat het niet altijd mogelijk zal zijn de spandraadinrichting zo dicht mogelijk bij de achtersteven aan te brengen. Bij het aanbrengen van de inrichting verder naar voren op het schip moet er aan worden gedacht de lijn van trommelstandaard naar meetbank evenwijdig aan de kiel van het schip te doen lopen. Indien ook de meetbank verder naar voren geplaatst moet worden, moeten de nodige geleiderollen worden aangebracht, om zeker te zijn, dat de draad ongehinderd van de meetbank in zee komt. Bij het apparaat wordt een davit geleverd met een overhang van ongeveer 1 meter, welke nabij de trommelstandaard wordt opgesteld voor het plaatsen van de volle draadtrommels. Het is verder van belang dat de meetbank horizontaal staat als het schip varende is en gelijklastig ligt. Afwijkingen uit de horizontale stand kunnen namelijk fouten in de dynamometer-aflezings geven.

De spandraadinrichting is een eenvoudig mechanisme en behoeft derhalve geen bijzondere zorgen. Alle draaiende delen zijn voorzien van vetpotten of oliegateen, welke geregeld gereinigd en gevuld moeten worden. De vlieger moet na het gebruik altijd in zodanige stand worden gezet, dat het gat in de oliering boven is. Voordat de zeildoekse kappen worden aangebracht, moet de draad welke nog op de trommel zit, rondom goed in het vet worden gezet. De remtrommel moet slechts zeer licht worden geolied. Zeildoekse kappen moeten het instrument tegen regen en overkomend zeewater beschermen als het niet in gebruik is.

Volle draadtrommels welke door de fabrikant zijn afgeleverd, zijn wat de buitenste lagen draad betreft, zeer zwaar ingevet. Wordt een dergelijke trommel de eerste maal aan boord gebruikt, dan zal dit vet door de ronddraaiende vlieger naar alle kanten worden geslingerd, zodat bescherming van dek en omliggende dekhuisen met presennings geboden is.

Wordt de spandraadinrichting voor gebruik gereedgemaakt, dan worden alle draaiende delen gesmeerd, waarbij de vetpotten worden afgenomen, met voorgeschreven vet gevuld en weer aangebracht. Voor de remas is een speciale smerinrichting bij het instrument verstrekt. Na smering wordt nagegaan of alle draaiende delen onbelemmerd kunnen draaien. Hierna wordt de draad ingeschoren, waartoe eerst de vleugelmoeren op de remtrommel worden losgedraaid, teneinde de draad van de draadtrommel te kunnen afwinden. Attentie moet worden gegeven aan de wijze waarop de draad over het telwiel moet lopen. Zoals in fig. 2.6 blijkt, kruisen de draad welke op het telwiel komt en die, welke van het telwiel afkomt, elkaar. Deze draden mogen elkaar niet raken, hetgeen slechts te bereiken is door de wijze van inscheren. Nadat de draad door de laatste geleiderollen is geschoren, wordt het eind weer binnenboord genomen. De vleugelmoeren op de remtrommel worden aangedraaid en de draad aangetrokken, waarbij toegezien moet worden, dat de draad overal op de wielen ligt. Een manilla voorloop wordt aan het einde van de draad bevestigd en een anker bestaande uit ongeveer 50 kg roosterijzers, wordt op het andere einde van de voorloop gestoken.

Het anker wordt aan de voorloop afgevierd tot het nog net niet in het water hangt. De voorloop moet hiertoe voldoende lengte hebben. Eventuele neiging tot slap hangen van de spandraad wordt door terugdraaien van de vlieger voorkomen. Het moment van vallen van het anker wordt van de brug af bekendgemaakt. Het vallen geschiedt door het verminderen van de remspanning, waardoor het anker langzaam naar de bodem zakt. De afstandmeting kan hierna een aanvang nemen en zal worden behandeld onder par. ~~5.3 punt 6.~~ 5.5.

De afstandmeting met de spandraadinrichting is onderhevig aan een aantal invloeden die het resultaat een bepaalde mate van onzekerheid geven. Deze invloeden zijn gedeeltelijk van toevallige aard en gedeeltelijk van systematische aard. Als voornaamste worden hier genoemd:

(1) *Onnauwkeurigheid van de teller*

De teller geeft slechts het *gehele* aantal omwentelingen van het telwiel. De omtrek van het telwiel is ongeveer 1,8 meter, zodat de aflezing van de uitgelopen draadlengte ook tot een bedrag van 1,8 meter fout kan zijn.

(2) *Omtrek van het telwiel*

Hoewel de omtrek van het telwiel zo goed mogelijk 0,001 zeemijl is gemaakt, zal reeds een onmerkbaar verschil hiervan, na vele duizenden omwentelingen van het wiel, een merkbare fout in afstand opleveren. Teneinde dit tegen te gaan wordt het wiel gec calibreerd, d.w.z. de omtrek zuiver bepaald, waartoe verschillende methoden bestaan, welke later in par. ~~5.3 punt 6~~ 5.5 behandeld zullen worden. Daar het wiel door het gebruik onderhevig is aan slijtage zal het calibreren op gezette tijden herhaald moeten worden. Het is duidelijk dat fouten in de aangenomen omtrek van het telwiel een systematische invloed hebben op de uitkomst van de afstandmeting.

(3) *Elasticiteit van de draad*

De afstandmeting wordt beïnvloed door verandering in de spanning in de draad. Derhalve moet het streven erop gericht zijn, een zo constant mogelijke spanning tijdens de meting te houden, welke spanning zo dicht mogelijk moet liggen bij die spanning waarmee het telwiel is gec calibreerd. Kleine spanningsveranderingen, zoals bijvoorbeeld door het stampen van het schip, zullen het meetresultaat slechts op toevallige wijze beïnvloeden. Het stomen van een afstand met een voortdurend andere spanning dan waarmee het telwiel is gec calibreerd zal het meetresultaat op systematische wijze beïnvloeden.

(4) *Oneffenheden van de zeebodem*

Het is moeilijk hiervan de invloed te berekenen. Bij nauwkeurig werk zal het altijd aanbeveling verdienen een zo vlak mogelijk deel van de zeebodem op te zoeken. Hieraan kan echter niet altijd worden voldaan. Het echolood kan nu inlichtingen verstrekken omtrent de grootte van de oneffenheden waarover de draad is gelegd, waarna een correctie kan worden aangebracht. Deze correctie zal altijd moeten worden afgetrokken van de afstand welke uit de spandraadinrichting wordt gevonden.



(5) *Koers sturen*

Door het passeren van stroomnaden of door gieren zal het schip de neiging vertonen af te wijken van de rechte koers over de grond. De invloed hiervan is ongeveer dezelfde als die genoemd onder punt (4) en kan worden tegengegaan door het sturen van een merk op de wal, of buiten zicht van land door bijvoorbeeld het stomen van een Decca-lane.

Ten gevolge van deze invloeden zal de nauwkeurigheid in de enkele meting liggen in de buurt van 1 : 1000. De Britse Hydrografische Dienst geeft als minimum nauwkeurigheid 1 : 500, de Amerikaanse Hydrografische Dienst geeft als maximum nauwkeurigheid 1 : 1600. Wordt grotere nauwkeurigheid gewenst, dan moeten meerdere metingen van dezelfde afstand worden uitgevoerd.

De kleine spandraadinrichting wordt aan boord van Hr. Ms. opnemingsvaartuigen niet gebruikt. Het instrument bestaat uit een compact geheel, dat veel lijkt op een diepzee-draadlodingmachine. De draadtrommel bevat 20 zeemijlen draad. De teller is bij dit toestel rond en heeft 2 wijzers, een kleine welke op de binnenste schaal aanwijst, en een grote, welke op de buitenste schaal aanwijst. De binnenste schaal is verdeeld in 20 zeemijlen, onderverdeeld in 0,1 zeemijl. De buitenste schaal heeft een bereik van 0,2 zeemijl en is onderverdeeld in 0,001 zeemijl. Bij de kleine spandraadinrichting draait de draadtrommel, welke met een rem kan worden afgeremd. Het is nodig gebleken bij dit type spandraadinrichting een zwaarder anker te gebruiken dan bij de grote spandraadinrichting. De draadtrommel kan niet worden afgenomen. Wanneer de draad op is, moet aan boord nieuwe draad worden opgerold, hetgeen onder spanning moet geschieden.

*Literatuur* : U.S. Coast & Geodetic Survey Special Publication No. 143, revised (1942) edition: „Hydrographic Manual”.

Hydrographic Department, Admiralty; London; New edition 1948: „Admiralty Manual of Hydrographic Surveying”.

U.S. Coast & Geodetic Survey, June 1934: „Field Engineers Bulletin” No. 7.

**2.5 Afstandmeter**

Evenals de invarbasislat en de tachymeter is de afstandmeter een instrument, dat is ingericht voor indirecte lengtemeting, zulks in tegenstelling tot meetlint, invardraad en spandraadinrichting, waarmee afstanden door directe lengtemeting worden gevonden. Bij de invarbasislat wordt in het punt, tot hetwelk men de afstand wenst te kennen, een vaste basis opgesteld, terwijl in het punt van waaruit wordt gemeten, de tophoek van de afstands driehoek wordt bepaald. Bij de tachymeter wordt in het punt, tot hetwelk men de afstand wil weten, een verdeelde baak opgesteld en wordt in het punt van waaruit men meet, met een vaste tophoek de op de baak bijbehorende, variabele, basis afgelezen.

Bij de afstandmeter ligt de basis van de afstanddriehoek in het instrument zelf en dus in het punt van waaruit wordt gemeten, terwijl de grootte van de bijbehorende tophoek eveneens in hetzelfde punt wordt bepaald. Hierdoor is het overbodig geworden een baak op te stellen in het punt tot hetwelk men de afstand zoekt. Derhalve zal de afstandmeter (in het Engels: „range finder”) in bepaalde gevallen van nut zijn voor het bepalen van afstanden uit de sloep of in ontoegankelijk terrein. In de landmeetkunde wordt dit type afstandmeters genoemd „basisafstandmeters”.

De afstandmeter kan worden beschouwd als 2 kijkers, welke in een gemeenschappelijk omhulsel zijn aangebracht, terwijl de beide objectieven ieder aan een uiteinde van het omhulsel en de oculairen in het midden ervan zijn bevestigd. Teneinde het door de objectieven doorgelaten licht naar de oculairen te brengen zijn reflectoren (spiegels of pentagonprisma's) aangebracht, terwijl het instrument zodanig is ingericht, dat beide kijkers tegelijk op hetzelfde doel kunnen worden ingesteld.

De afstand tussen de objectieven is de basis van een driehoek, de afstands-driehoek, waarvan de tophoek ligt in het punt tot hetwelk men de afstand wenst te kennen. Door het meten van deze tophoek, of parallax, kan de afstand tot dat punt worden bepaald. Het is gewoonte de afstandmeters te benoemen naar de grootte van hun basis, zoals b.v. de „afstandmeter coincidentie van 0,80 meter basis no. 2, Barr and Stroud”.

Elk der beide objectieven vormt een beeld van het punt, waarop is ingesteld, in het beeldvlak van de oculairen, zodat de waarnemer 2 beelden in zijn gezichtsveld ziet, die, afhankelijk van het gebruikte type instrument, elkaar kunnen overlappen of gescheiden zijn door een dunne lijn. In het geval een afstandmeter van het coincidentie-type wordt gebruikt, zullen de beide beelden boven elkaar verschijnen in het gezichtsveld, en zijn gescheiden door een dunne lijn. Het beeld in de bovenste helft van het gezichtsveld zal b.v. afkomstig zijn van de rechter kijker en dat in de onderste helft van de linker kijker. Vormen de beide beelden een aaneengesloten geheel, met andere woorden coincideren zij, dan wil dit zeggen, dat beide kijkers precies op hetzelfde punt zijn ingesteld. Beweegt men zich nu met het instrument naar het geobserveerde punt toe, dan zullen de kijkers ingesteld blijven op een punt dat op dezelfde afstand van het instrument gelegen is. De lichtstralen vanuit het waargenomen punt zullen, teneinde de objectieven van beide kijkers te kunnen bereiken, dus een richtingsverandering moeten ondergaan, met het gevolg, dat er in het gezichtsveld een verschuiving optreedt tussen het beeld in de bovenste helft en dat in de onderste helft. Door nu de lichtstraal komend uit één der objectieven optisch te knikken bestaat de mogelijkheid de coincidentie weer te herstellen.

Het optisch knikken van de lichtstralen kan geschieden door achter één der objectieven een enkelvoudig prisma langs de basis heen en weer te schuiven. Naarmate dit prisma dichter bij het objectief komt, wordt de lineaire verschuiving van de lichtstraal in het oculair groter. Een andere methode bestaat in het aanbrengen van een prismastelsel van Boscovich. Dit bestaat uit 2 prisma's met gelijke brekende hoek, die elk in een tandkrans zijn gevat, op welke tandkrans een kroonrad werkt. Door het draaien aan het kroonrad wordt bereikt, dat de prisma's een onderling even grote draaiing, doch in tegengestelde richting krijgen, waardoor de lichtstraal, afkomstig uit het objectief, in meerdere of mindere mate kan worden afgebogen.

Voor het vinden van de tophoek, welke behoort bij de gezochte afstand en de gebruikte basis, zijn verschillende methoden uitgewerkt, waarvan hieronder enige worden vermeld.

(1) De beide kijkers zijn optisch geheel gescheiden van elkaar; elke kijker is uitgerust met zijn eigen oculair en kruisdraden. In dit geval is de afstandmeter zodanig ingericht, dat het beeld van het ingestelde punt wordt waargenomen in de kruisdraden van één kijker, waarna men het beeld kan laten coincideren met de kruisdraden van de andere kijker, waarmee een maat voor de afstand is verkregen.

(2) De oculairen van de beide kijkers kunnen zo zijn ingericht, dat het rechter oog het beeld, gevormd door de rechter kijker en het linker oog het beeld gevormd door de linker kijker kan waarnemen. In dit geval is het mogelijk stereoscopisch waar te nemen en de afstand op stereoscopische wijze te bepalen, zoals in 1893 door Grousilliers is uitgevonden. In dit geval worden de kruisdraden van de beide kijkers vervangen door een meetmerk en bestaat het meten van de afstand hierin, dat men tracht door middel van optische of mechanische hulpmiddelen de schijnbare afstand van het meetmerk in het gezichtsveld gelijk te maken aan die van het punt, waarop is ingesteld. Dit kan geschieden door de onderlinge afstand tussen het meetmerk in linker- en rechter oculair te wijzigen, doch ook bij een vaste afstand tussen die merken, door een schijnbare verschuiving van de beide beelden van het waargenomen punt.

(3) In de stereoscopische afstandmeter kunnen alle bewegende delen echter ook worden weggelaten door in het linker gezichtsveld een aantal meetmerken aan te brengen en de corresponderende punten in het rechter gezichtsveld dusdanig te kiezen, dat bij stereoscopisch zien van een stel meetmerken deze een bepaalde afstand aangeven, welke afstand erbij geschreven staat. Men kan nu de meetmerken wat betreft hun schijnbare afstand laten opklimmen met waarden van b.v. 100 meter en de tussenliggende afstanden ruw schatten. Een dergelijke wijze van afstandmeten zal bij de hydrografische opneming over het algemeen niet worden gebruikt.

(4) De beide beelden gevormd door de kijkers, worden in één oculair samengebracht. Deze beelden kunnen elkaar geheel of gedeeltelijk overlappen. De afstand tot een punt kan nu worden bepaald door het geheel in dekking brengen van de beide beelden ervan. De beelden van punten op andere afstanden zullen dus dubbel gezien worden. Teneinde de nauwkeurigheid van deze meetwijze op te voeren, bestaat de mogelijkheid om op snelle wijze linker- en rechter beeld te verwisselen. Het punt, waarop is ingesteld, zal daardoor niet bewegen, doch andere punten in het gezichtsveld, waarvan de afstand niet met die van het ingestelde punt overeenkomt, zullen gaan verspringen, welke verspringing groter is, naarmate de afstand meer afwijkt van de ingestelde.

(5) In plaats van te overlappen, kunnen de beide beelden van de kijkers in het éne oculair van elkaar zijn gescheiden door een dunne lijn. Het beeld van het ingestelde punt aan de éne zijde van de dunne lijn kan nu in coïncidentie worden gebracht met het beeld van het ingestelde punt aan de andere zijde van de dunne lijn, op welke wijze een maat voor de afstand wordt verkregen. Dit is de zogenaamde „coïncidentie”-methode, welke werd ontwikkeld door de firma Barr and Stroud en in 1893 op de markt gebracht.

(6) In de coïncidentie-afstandmeters kan één van de beelden zijn afgebeeld binnen het beeld afkomstig van de andere kijker, welk laatste beeld het gehele gezichtsveld van de kijker beslaat.

(7) Een wijziging van het coïncidentiesysteem werd door Barr and Stroud aangebracht op de volgende manier. Eén van beide beelden bestaat uit een zeer dunne horizontale spleet. Proeven hebben aangetoond, dat, indien het waargenomen punt een verticale lijn is, het in dit spleetveld niet recht, doch gebogen wordt afgebeeld, tenzij absolute coïncidentie is bereikt. Hierdoor is een zeer nauwkeurige afstandmeting te bereiken.

(8) In de „invert“-afstandmeters is de optische inrichting dusdanig, dat één van de beelden, zoals bij het coïncidentiesysteem gescheiden van het andere door een dunne lijn, omgekeerd wordt afgebeeld, doch links en rechts *niet* verwisseld. Deze inversie-methode is van voordeel gebleken bij het meten van afstanden op punten die in het terrein niet goed herkenbaar zijn, zoals stenen, boomgroepen en andere.

Nog enkele andere wijzen van uitvoering van afstandmeters zullen hier verder niet worden besproken, met uitzondering van een door de firma Zeiss in de handel gebrachte afstandmeter, de „Teletop“, welke is uitgerust met een variabele basis en vaste tophoek. Daar de tophoek vast is en de beide beelden in één oculair worden waargenomen, moet, teneinde coïncidentie te kunnen verkrijgen, de basis gewijzigd kunnen worden. Hiertoe is een prisma aangebracht op een afstandliniaal, welk prisma verschoven wordt totdat de beelden in het oculair coïncideren. De gezochte afstand kan dan op de liniaal met behulp van een aan het prisma bevestigde index worden afgelezen. Deze wijze van afstandmeting is onnauwkeurig en wordt verder niet beschouwd.

Aangezien voor hydrografisch werk coïncidentie-afstandmeters met een basis van 80 centimeter worden verstrekt, zal globaal worden nagegaan, welke nauwkeurigheid hiermee kan worden bereikt. Natuurlijk hangt de te bereiken nauwkeurigheid ten nauwste samen met de meerdere of mindere zichtbaarheid van het punt, waarop wordt gemeten, alsmede met atmosferische omstandigheden en de invloed van de zeegang. Is het punt goed zichtbaar, b.v. een mast of verticale boom, en zijn de atmosferische en andere omstandigheden gunstig, dan nog hangt de nauwkeurigheid der metingen af van de basislengte van het gebruikte instrument. Aangenomen zal worden in de verdere beschouwing, dat de capaciteit van de coïncidentie-afstandmeter met een basis van 80 cm 1 boogsecunde bedraagt, hetgeen wil zeggen, dat het instrument hoekverschillen van 1'' toelaat waar te nemen. Is nu in de afstanddriehoek de basis B, de afstand A en de tophoek T, dan is  $B : A = \operatorname{tg} T$  of  $A = B \cotg T$ . Door differentiatie volgt hieruit:

$$dA = B \operatorname{cosec}^2 T dT : 206265.$$

Daar bij benadering geldt, dat  $\operatorname{cosec} T = \cotg T$ , gaat bovenstaande vergelijking over in:

$$dA = A^2 dT : 206265 B$$

Voor het geval dat wordt beschouwd, is verder aangenomen, dat:  $B = 80$  cm en  $dT = 1''$ , waaruit volgt:

$$dA = A^2 : 165 \cdot 10^5,$$

welke vergelijking de fout in afstand geeft als gevolg van een fout in de tophoek van 1 seconde. De middelbare fout in de tophoek bij een enkele afstandmeting zal echter groter zijn en zal worden aangenomen op 2''. De middelbare fout in de enkele afstandmeting wordt dan gevonden uit de vergelijking:

$$dA = A^2 : 82,5 \cdot 10^5$$

Uit deze vergelijking is de ondervolgende tabel van middelbare fouten in de enkele afstandmeting met een coïncidentie-afstandmeter met basis van 80 cm samengesteld.

| Afstand<br>in m | Middelbare<br>fout in 1 wng<br>in m | Relatief<br>1 : | Afstand<br>in m | Middelbare<br>fout in 1 wng<br>in m | Relatief<br>1 : |
|-----------------|-------------------------------------|-----------------|-----------------|-------------------------------------|-----------------|
| 100             | 0,121                               | 826             | 1000            | 12,12                               | 82              |
| 150             | 0,273                               | 549             | 1050            | 13,36                               | 79              |
| 200             | 0,485                               | 412             | 1100            | 14,67                               | 75              |
| 250             | 0,758                               | 330             | 1150            | 16,03                               | 72              |
| 300             | 1,091                               | 275             | 1200            | 17,45                               | 69              |
| 350             | 1,485                               | 236             | 1250            | 18,94                               | 65              |
| 400             | 1,939                               | 208             | 1300            | 20,48                               | 63              |
| 450             | 2,455                               | 183             | 1350            | 22,09                               | 61              |
| 500             | 3,030                               | 165             | 1400            | 23,76                               | 59              |
| 550             | 3,667                               | 150             | 1450            | 25,48                               | 57              |
| 600             | 4,364                               | 137             | 1500            | 27,27                               | 55              |
| 650             | 5,121                               | 127             | 1550            | 29,12                               | 53              |
| 700             | 5,939                               | 118             | 1600            | 31,03                               | 52              |
| 750             | 6,818                               | 110             | 1650            | 33,00                               | 50              |
| 800             | 7,758                               | 103             | 1700            | 35,03                               | 49              |
| 850             | 8,758                               | 97              | 1800            | 39,27                               | 46              |
| 900             | 9,818                               | 92              | 1900            | 43,76                               | 43              |
| 950             | 10,939                              | 87              | 2000            | 48,48                               | 41              |

In de practijk is gebleken, dat men op de in deze tabel vermelde middelbare fouten een factor 2 à 3 moet toepassen om de te verwachten middelbare fout te berekenen van het gemiddelde van een serie van 10 metingen.

## 2.6 Geodimeter

In 1941 ving E. Bergstrand te Stockholm aan met experimenten gebaseerd op het principe van Fizeau ter bepaling van de voortplantingssnelheid van het licht. Het principe van Fizeau berust hierop, dat een lichtsignaal een zekere tijd nodig heeft om een bepaalde afstand af te leggen. Voor geodetische doeleinden is de kennis van de voortplantingssnelheid van het licht binnen enge grenzen van groot belang, aangezien door omkering van het principe van Fizeau bij een nauwkeurig bekende voortplantingssnelheid een middel wordt verkregen om op snelle en nauwkeurige wijze afstanden te meten. In de winter van 1948—'49 was de geodimeter gereed, dank zij medewerking van de AGA gasaccumulator Co. Ltd. te Stockholm. Lichtsnelheidsmetingen werden uitgevoerd in het voor- en najaar van 1949 op een basis van de Zweedse Geografische Dienst, welke een lengte had van 7 km. In Augustus van dat jaar werd aangevangen met het verrichten van lengtemetingen.

Schematisch voorgesteld bestaat het apparaat uit een lichtbron, die met behulp van een holle spiegel een lichtbundel uitzendt. De lichtbron wordt beïnvloed door een hoogfrequente wisselspanning, welke afkomstig is van een door een kristal gecontroleerde oscillator. Hierdoor varieert de intensiteit van het uitgezonden licht met de frequentie van de oscillator. Aan het andere einde van de basis, waarvan de lengte gemeten moet worden, bevindt zich een vlakke spiegel, welke het licht terugkaatst naar een photocel welke naast de lichtbron is aangebracht. Deze photocel is ook aan de bovengenoemde oscillator gekoppeld, zodat de gevoeligheid van de cel met dezelfde frequentie varieert als het opgevangen licht.

Daar de licht-„pulsen” een zekere tijd nodig hebben om de weg naar de spiegel en terug af te leggen, zullen de momenten van grootste gevoeligheid van de photocel over het algemeen niet samenvallen met de momenten van ontvangst van de grootste lichtintensiteit. Het meer of minder samenvallen ervan is afhankelijk van de door het licht afgelegde afstand. De photocel zal maximum stroom geven als het moment van grootste gevoeligheid samenvalt met maximum intensiteit van het opgevangen licht. De photocel zal geen stroom geven als het moment van ongevoeligheid samenvalt met de maximum lichtintensiteit, aangezien dan ook het moment van maximum gevoeligheid samenvalt met het moment waarop geen licht wordt ontvangen. Daar de door de photocel afgegeven stroom in de buurt van maximum en van nul slechts langzaam verandert, is een laagfrequente phase-omdraaiing van  $180^\circ$  aangebracht, waardoor de stroom van de photocel varieert van  $-i$  tot  $+i$ . De momenten halverwege zal er geen stroom worden afgegeven, doch nu is de verandering maximaal, zodat dit punt eenvoudig is te bepalen en kan dienen als schaalverdeling bij het meten van afstanden. Er zijn dus scherp omlijnde plaatsen van de vlakke spiegel, die de photocel stroomloos maken. In het vervaardigde instrument is de frequentie 8,332 mega-cycles, overeenkomend met een golflengte van ongeveer 36 meter. De opstellingsplaatsen van de vlakke spiegel, die de photocel stroomloos maken, liggen dus 9 meter uit elkaar.

Noemen we de frequentie  $F$ , de voortplantingssnelheid van het licht  $C$  en de gezochte afstand  $D$ , dan volgt  $D$  uit:

$$D = K + \frac{2N - 1}{8} \cdot \frac{C}{F}$$

Hierin is  $K$  een constante, afhankelijk van het gebruikte apparaat en  $N$  een geheel getal. Kennen we de gezochte afstand op 18 meter nauwkeurig, dan is  $N$  bekend. Is de gezochte afstand minder nauwkeurig bekend, dan kan  $N$  bepaald worden door variatie van de frequentie.

Bij het onderzoek naar de te bereiken nauwkeurigheid met dit instrument, moeten de inwendige en de uitwendige nauwkeurigheid goed worden gescheiden, aangezien tussen die beide een groot verschil zal kunnen bestaan. Onder de inwendige nauwkeurigheid wordt verstaan de nauwkeurigheid in de meermalige meting van dezelfde afstand, dus de meerdere of mindere spreiding van de waarnemingen. De inwendige nauwkeurigheid hangt dus nauw samen met de gevoeligheid van de apparatuur en verder met de grootte van de fluctuaties in  $C$  en  $F$  gedurende de meting. De uitwendige nauwkeurigheid wordt ook wel genoemd de „absolute” nauwkeurigheid, hetgeen een minder juiste naam is, aangezien deze naam de kennis van de absolute grootte impliceert. De uitwendige nauwkeurigheid zal hoofdzakelijk afhangen van invloeden welke het resultaat systematisch in een bepaalde richting hebben gestuurd. Zo zal b.v. het gebruiken van een gemiddelde voortplantingssnelheid van het licht een systematische invloed uitoefenen op de gevonden lengte, als gedurende de metingen het gemiddelde van de werkelijk opgetreden lichtsnelheid daar een bepaald bedrag van heeft afgeweken. De uitwendige nauwkeurigheid zal slechts dan kunnen worden vastgesteld, indien de gevonden waarde van de met de geodimeter gemeten lengte kan worden vergeleken met een op een andere manier gevonden waarde voor diezelfde lengte, welke laatste methode dan nauwkeuriger moet zijn dan de eerste.

Uit de vorenstaande formule blijkt, dat de inwendige nauwkeurigheid van het instrument zeer hoog zal kunnen zijn. Door differentiatie wordt gevonden:

$$dD = \frac{2N-1}{8F} dC - \frac{(2N-1)C}{8F^2} dF$$

De variaties, welke in de voortplantingssnelheid van het licht zullen optreden, zijn hoofdzakelijk een gevolg van variaties in temperatuur, luchtdruk en vochtigheidsgraad langs het traject, dat door de lichtbundel wordt afgelegd. Bij nachtmetingen zullen deze variaties minimaal zijn en een geschatte relatieve grootte van 1 : 1.000.000 niet te boven gaan. De variaties in F zullen nog geringer zijn. De kristallen zijn in een thermostaat aangebracht, welke de temperatuur tot op 0°,01 Celsius constant houdt. Bergstrand neemt dan ook aan, dat de variaties van F geen grotere relatieve waarde hebben dan 1 : 10.000.000. De inwendige nauwkeurigheid van de afstandmeting met de geodimeter zal dus van de orde van grootte van  $10^{-6}$  relatief zijn.

Bij de uitwendige nauwkeurigheid speelt de kennis van de juiste waarde van C de hoofdrol. De juiste waarde van F kan met een nauwkeurigheid van  $10^{-8}$  worden bepaald, is onveranderlijk en de dF kan dus voor de uitwendige nauwkeurigheid bij benadering gelijk aan nul gesteld worden. De waarde van C was tot voor kort niet nauwkeuriger bekend dan  $10^{-5}$ , hetgeen dus ook de maximum uitwendige nauwkeurigheid voor de geodimeter zou zijn. Bergstrand heeft echter op een aantal nauwkeurig bekende bases de voortplantingssnelheid van het licht opnieuw bepaald in de jaren 1947 tot 1949, waarbij hij van de geodimeter gebruik maakte. De lengten van deze bases varieerden van 1762 meter tot 11025 meter. Aan de op die bases gevonden waarden voor C kende hij gewichten toe, welke hij vond uit de relatieve nauwkeurigheid waarmee de lengten van die bases bekend waren. Hieruit vond Bergstrand voor de voortplantingssnelheid van het licht in *vacuum*:

$$C = 299793,1 \pm 0,25 \text{ km/sec.}$$

De nauwkeurigheid van deze bepaling van C bedraagt dus 1 : 1.200.000, waardoor de uitwendige nauwkeurigheid van de lengtemeting met het instrument op  $10^{-6}$  zou zijn gekomen. Aannemende dat de nauwkeurigheid waarmee C bekend is, inderdaad op 1 : 1.000.000 gesteld mag worden, dan rijst de vraag, of in het terrein waar afstanden gemeten moeten worden, deze zelfde uitwendige nauwkeurigheid voor de gevonden afstand verwacht mag worden.

Systematische invloeden ten gevolge van de chromatische aberratie worden geweerd door het werken met geelfilters, waardoor slechts met één kleur licht rekening behoeft te worden gehouden. Er is echter nog een invloed, welke van systematische zowel als van toevallige aard kan zijn, die het resultaat van de lengtemetingen onzeker maakt, namelijk de door het licht gevolgde baan tussen het instrument en de weerkaatsende spiegel.

Passeert de lichtbundel op haar weg gebieden met verschillende luchtdichtheid en dus verschillende brekingsindex, dan zal er refractie van de lichtstralen optreden, waardoor het pad van de lichtstralen gaat wijken van de rechte lijn. De luchtdichtheid is een functie van de luchtdruk en de temperatuur.

Berekend kan worden, dat de systematische invloed van de refractie op de lengtemeting een relatieve grootte heeft van bij benadering 1 : 1.500.000, terwijl de toevallige invloed nog kleiner moet worden aangenomen. Noch de gevoeligheid, noch

de uitwendige nauwkeurigheid van de geodimeter worden derhalve door de refractie aangetast.

De grote waarde van het instrument is gelegen in het feit, dat een afstandmeting over 30 km niet meer dan ongeveer 2 uur tijd behoeft te kosten. De afmetingen van het apparaat in zijn huidige vorm zijn  $100 \times 50 \times 50$  cm, het gewicht 110 kg en het benodigde vermogen 400 Watt.

*Literatuur* : Kungl. Svenska Vetenskapsakademien, Stockholm 1950, Arkiv för fysik Band 2 Nr. 15; „A determination of the velocity of light” by ERIK BERGSTRAND.

## 2.7 Sextant

Het principe, de constructie en het gebruik van de sextant mogen hier bekend verondersteld worden. De zeevaartkundige leerboeken geven hierover uitgebreide verhandelingen.

Voor hydrografische doeleinden maakt men gebruik van twee typen:

*de lodingsextant en*

*de triangulatie- of meetsextant.*

### 2.7.1 Lodingsextant (fig. 2.7)

Dit instrument verschilt in hoofdzaak van de normale navigatiesextanten door de volgende kenmerken:

geen gekleurde glazen,

geringere afleesnauwkeurigheid (1 boogminuut),

een vaste kijker.

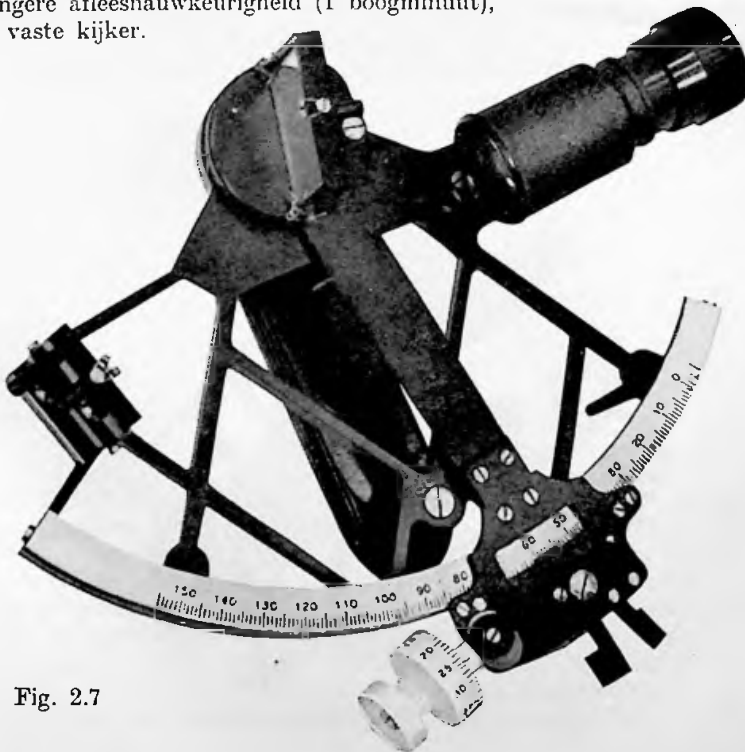


Fig. 2.7



Ook zijn de spiegels van een lodingsextant meestal groter uitgevoerd. Een lodingsextant moet aan de volgende eisen voldoen:

- a. matig gewicht hebben en toch robuust uitgevoerd zijn;
- b. de spiegels, die veel van zeewater te lijden hebben, moeten prima verfoelied zijn. Zij dienen verstelbaar en verwisselbaar te zijn;
- c. de aflezing moet snel kunnen geschieden. Een trommel-afleesschaal verdient de voorkeur;
- d. bij de kijker, die van prima optiek moet zijn, moet het accent meer op helderheid dan op vergroting gelegd zijn.

Men kiese als lodingsextant geen te lichte constructie. Een matig gewicht geeft in een slingerende sloep meer stabiliteit bij de metingen.

### 2.7.2 Triangulatiesextant (fig. 2.8)

Deze sextant komt in wezen veel overeen met een gewone navigatiesextant. De precisie dient bij een meetsextant evenwel zo hoog mogelijk opgevoerd te zijn. De uitvoering met trommelschaal-aflezing moet hier veroordeeld worden, aangezien deze constructie ook bij de beste uitvoeringen op den duur tot slijtage leidt. Het gevolg is dan een voor hydrografische triangulaties te grote speling in de instelling en aflezing van het instrument. Bij een lodingsextant geeft de trommelschaal-aflezing met „schroef zonder eind” (endless tangent screw)-beweging ontegenzeggelijk grote voordelen, aangezien men met dit instrument meestal hoeken meet, die snel veranderen. Met een triangulatiesextant zal men meestal onveranderlijke hoeken meten.



Fig. 2.8

In de enkele gevallen, dat men hier veranderlijke hoeken meet, b.v. bij triangulaties met drijvend schip of bij astronomische peilingen, dient men het ongemak van het wel eens op zijn eind lopen van de haarschroef te verkiezen boven de grotere onnauwkeurigheid van een trommelschaal-aflezing.

Een goede triangulatiesextant moet aan de volgende eisen voldoen:

- de afleesnauwkeurigheid moet  $10''$  zijn;
- geringe „doos“-fouten wijzen op een precisie-uitvoering;
- de optiek moet prima zijn;
- de uitvoering moet solide zijn. Een groter gewicht is hier van geen doorslaggevende betekenis;
- de gekleurde glazen moeten goed gecorrigeerd zijn;
- de spiegels moeten verstelbaar en verwisselbaar zijn;
- de kijkeras moet verstelbaar zijn.

Voor het meten van grote hoeken diende de prismacirkel, die van een verdeelde rand van  $0$  tot  $360^\circ$  voorzien was. Dit instrument wordt evenwel niet meer vervaardigd; in plaats hiervan worden thans triangulatiesextanten gebruikt, die voorzien zijn van een *pentaprisma* (fig. 2.9). Achter de kleine spiegel bevindt zich een bus,

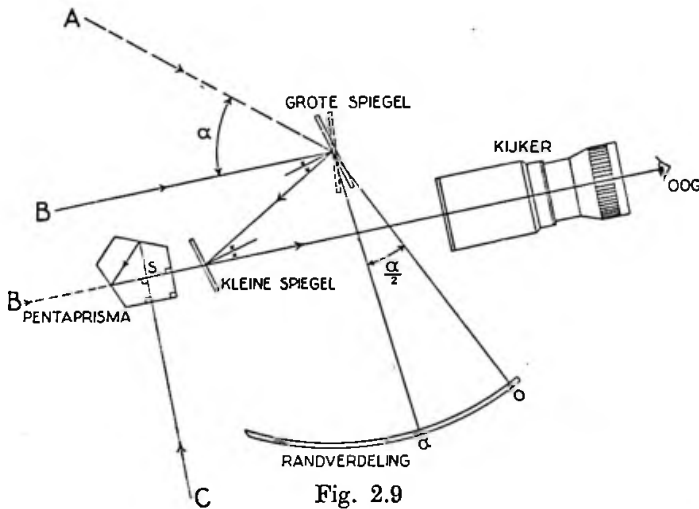


Fig. 2.9

waarin het pivot van de pentaprisma-houder geplaatst wordt. Het pentaprisma is een vijfkantig in een metalen houder gevat prisma, waarvan 2 zijden loodrecht op elkaar staan. Een van beide genoemde zijden staat tegenover de achterkant van de kleine spiegel, de andere zijde moet dan links van de kijkeras staan. In de fig. 2.9 is de stralengang met opgezet prisma duidelijk weergegeven. Het prisma steekt boven het verfoeliede gedeelte van de kimspiegel uit en onderschept de stralen, die zonder dit prisma vanuit het punt B in de kijker een beeld van dit punt zouden geven. Zonder prisma zou men dus de hoek BA meten. In de figuur blijkt, dat bij opgezet prisma in de kijker het beeld van punt C gezien wordt, waarbij de hoek BSC =  $90^\circ$ .

Men meet dus de hoek  $CA = BA + 90^\circ = \alpha + 90^\circ$ . Bij de aflezing  $\alpha$  op de verdeelde rand dient dus bij opgezet prisma  $90^\circ$  opgeteld te worden. Kan men zonder opgezet prisma met de sextant een hoek van maximum  $120^\circ$  meten, dan wordt door het pentaprisma het meetbereik tot  $120^\circ + 90^\circ = 210^\circ$  vergroot. Hierdoor is het mogelijk hoeken groter dan  $180^\circ$  te meten. In de practijk zal men de hoek  $\alpha > 180^\circ$  meten, door  $360^\circ - \alpha$  te meten. De aflezing op de rand is dan maximum  $90^\circ$ , hetgeen de helderheid van het door de grote spiegel teruggekaatste beeld ten goede komt.

De sextanten ingericht tot het plaatsen van een pentaprisma zijn niet voorzien van gekleurde glazen.

### 2.7.3. Onderhoud van de sextant

Maak het instrument vóór het opbergen goed droog. Reinig de randverdeling, de spiegels en lenzen met een doekje van zachte stof (linnen) of met zacht zeemleer. Laat geen zeewater achter de spiegels komen; sommige na-oorlogse laksoorten, die ter bescherming op de foelie-laag zijn aangebracht, kunnen hier niet tegen.

Wanneer hier aanleiding toe bestaat, zal men voor een grondige schoonmaak de sextant moeten demonteren. Men gebruike hiervoor geschikt gereedschap en passende schroevendraaiers. Hanteer een schroevendraaier altijd met twee handen, forceer de schroefjes niet; deze breken maar al te gemakkelijk onder de kop af. Bestudeer de constructie van het instrument grondig alvorens met demonteren te beginnen.

Voor het schoonmaken van de *verdeelde rand* druppelt men hierop een weinig beenderolie. Met een staafje zachte houtskool wrijft men de olie voorzichtig op de rand uit. Voor het verzilverde gedeelte neemt men zeer zachte houtskool, voor het koperen gedeelte een iets grovere kwaliteit. Neem de verontreinigde olie met een zeemleren lapje voorzichtig op. Koperoxydatie kan men op deze manier niet altijd wegnemen. Tracht dit niet te bereiken door gebruik van schuurpapier; dit is instrumentmakerswerk.

Het *verwisselen der spiegels* dient met de nodige voorzichtigheid te geschieden. Meestal zijn de spiegels met drie schroefjes en klemveertjes bevestigd. Draai de schroefjes om beurten telkens een paar slagen los. Laat de spiegel niet uit de houder vallen! Met schone handen plaatst men de nieuwe spiegel in de houder. Draai de schroefjes om beurten telkens een paar slagen vaster. Neemt men een spiegel alleen los voor het schoonmaken, plaats dan de spiegel weer in de zelfde stand in de houder. De tegenwoordig geleverde spiegels zijn soms niet plan-parallel geslepen en vertonen tussen beide vlakken een afwijking van  $5''$  of meer. Plaatsing van de spiegel in een andere stand kan de regeling van het instrument geheel verstoren.

Voor het schoonmaken van de *lenzen* gebruike men een zacht droog lapje. Tracht niet verveerde glazen schoon te poetsen. Langdurig poetsen kan de oppervlakte van het glas en de kromtestraal wijzigen. Deze lenzen moeten door de instrumentmaker opnieuw gepolijst worden.

Bij het weer monteren van de sextant moeten de diverse onderdelen droog en stofvrij zijn. Ga niet te kwistig met olie om; voor de alhidade-as is een druppel beenderolie voldoende. Zorg bij schroef-zonder-eind-constructie de worm en de heugelrand vooral niet te rijkelijk van olie te voorzien. Te veel olie zal hier een onregelmatige druk op de schroefgangen geven bij metingen met rechts- en links-omdraaiende schroef. Draai alle schroeven *handvast* aan. Vooral bij het te vast aandraaien van de bevestigings- en regelschroeven van de spiegels bestaat kans op versplinteren van het glas. Men vermijde het met de vingers aanraken van de schoongemaakte rand.

### 2.7.4 Foutenbepaling en regeling van de sextant

Men kan bij een sextant voorkomende fouten onderscheiden in:  
veranderlijke en  
onveranderlijke fouten.

#### 2.7.4.1 Onderzoek en regeling veranderlijke fouten

De veranderlijke fouten bestaan uit:

- a. beide spiegels staan niet loodrecht op het vlak van de randverdeling;
- b. de optische as van de kijker is niet evenwijdig aan het vlak van de randverdeling;
- c. bij een randaflezing = 0 staan de spiegels niet evenwijdig.

Aan de kijkerdrager en aan de spiegels bevinden zich regelingschroefjes, waarmee genoemde fouten weg te nemen zijn.

#### Sub a

Stel de alhidade op het midden van de randverdeling. Ga na of het teruggekaatste beeld van de rand in de *grote spiegel* met het rechtstreeks geziene beeld in één vlak ligt. Ligt het teruggekaatste beeld *hoger (lager)*, dan staat de spiegel *voorover (achterover)*. Men kan veilig aannemen, dat het mogelijk is met een nauwkeurigheid van 1' na te gaan of twee lijnen in elkaars verlengde liggen, hetgeen voldoende nauwkeurig is voor het loodrecht stellen van de spiegels. Bij een helling van 10' van de spiegel zal met een goed gestelde kijker bij een gemeten hoek van 120° de fout in de hoekmeting slechts 2'' bedragen.

Na het stellen van de grote spiegel regelt men de *kleine spiegel*. De stand loodrecht op het vlak van de randverdeling beoordeelt men door bij een instelling van de alhidade op nul het instrument in horizontale stand op een ver verwijderd voorwerp, b.v. de vrije kim, te richten. Het rechtstreeks geziene en dubbel teruggekaatste beeld brengt men dan door draaiing van het schroefje (voor de regeling van de stand loodrecht op de randverdeling) in het horizontale vlak met elkaar in dekking.

#### Sub b (alleen voor sextanten voorzien van een astronomische kijker)

Men schroeft de astronomische kijker in de kijkerdrager. Het midden van het kijkerveld wordt aangegeven door een klein vierkant gevormd door het dubbele dradenkruis. Bij nauwkeurige hoekmetingen moet de aanraking van beide beelden in dit vierkant plaats hebben. Men plaatst de sextant op een tafel of op een ander onbeweeglijk opstellingsvlak en meet een grote hoek tussen twee ver verwijderde, doch scherp afgetekende punten. Men brengt eerst de aanraking van beide beelden tot stand op de bovenste horizontale zijde van genoemd vierkant.

Daarna beweegt men het instrument zodanig dat beide beelden op de onderste horizontale zijde komen. Blijven beide beelden in dekking, dan staat de kijkeras goed. In het tegengestelde geval draait men de regelingschroefjes aan de kijkerdrager zodanig, dat de beelden wel in dekking blijven zowel op de bovenste als op de onderste horizontale rand van het vierkant. Op deze wijze kan men gemakkelijk de kijker op 10' nauwkeurig evenwijdig aan het vlak van de randverdeling stellen. Bij een gemeten hoek van 120° is de fout dan nog slechts 3'',7.

Vele moderne sextanten zijn niet meer voorzien van een regelbare kijkeras. Door de fabrikant wordt gegarandeerd, dat de kijkeras met voldoende nauwkeurigheid evenwijdig aan het vlak van de randverdeling gesteld is en ook blijft.

*Sub c*

Wanneer op de rand  $0^{\circ} 0' 0''$  afgelezen wordt, moeten de spiegels evenwijdig staan. Het spiegelbeeld van een voorwerp (i. v. m. de parallax op minstens 2600 m afstand) moet dan met het rechtstreeks geziene beeld samenvallen. Het beste geschiedt de controle op een scherp afgetekende vrije kim. Vallen beide beelden niet samen, dan draait men het regelingschroefje, waarmee de kimspiegel om een as loodrecht op het vlak van de randverdeling gedraaid wordt, zolang tot de coincidentie wel plaats heeft. Een kleine afwijking is soms met het regelingschroefje niet te verhelpen. Men verbetert dan de afgelezen hoek door een *index-correctie* toe te passen, die men bij samenvallende beelden op de verdeelde rand afleest. De correctie is *positief* (*negatief*) als de nonius-nul *rechts* (*links*) van de randverdeling-nul staat.

2.7.4.2 *Onderzoek op onveranderlijke fouten. Bepaling der grootte van deze fouten*

De *onveranderlijke fouten*, die niet door regeling zijn weg te nemen, bestaan uit:

- a. De spiegels en gekleurde glazen zijn niet zuiver plan-parallel geslepen. Bij goede sextanten is de afwijking van de evenwijdigheid van beide vlakken niet groter dan  $2''$ . Is het instrument van een sterreglas voorzien, dan dient dit volgens de juiste breking geslepen te zijn.
- b. De verdeelde rand en/of nonius vertonen fouten door niet zuiver kopiëren van de standaardverdeling door de verdeelmachine. Ook kan b.v. bij een nonius voor  $10'$  de nulstreep in dekking staan met een streep van de randverdeling, terwijl  $10'$  verder de eindstreep van de nonius niet in dekking staat met een streep van de randverdeling.
- c. De excentriciteitsfout, welke ontstaat, doordat het draaipunt van de alhidade niet samenvalt met het middelpunt van de randverdeling. Liggen genoemde punten bij een sextant met een straal van de randverdeling van 18 cm b.v. 0,1 mm uit elkaar, dan kan een maximale fout in de hoekmeting van  $2'$  optreden.

Bij goede instrumenten komen de fouten sub *a* en *b* niet voor. De maximale excentriciteitsfout bedraagt bij deze sextanten meestal niet meer dan  $20''$ .

De onveranderlijke fouten worden bepaald door het nameten van bekende hoeken, die b.v. met telkens  $10^{\circ}$ — $15^{\circ}$  in grootte opklimmen tot  $120^{\circ}$ . Het nauwkeurigst geschiedt deze controle op een z.g. collimatorring, waarbij hoeken gemeten worden tussen lichtstrepen, die door lenzenstelsels (collimatoren) in het oneindige geprojecteerd worden. Van te voren zijn de hoeken tussen de lichtstrepen in de collimatoren nauwkeurig met een universeel-instrument bepaald. Het meten op de collimatorring geeft bovendien het voordeel, dat men door vergroting van de lichtsterkte ook de hoeken met de gekleurde glazen voor de spiegels kan nameten.

Op het terrein of in de verversingsplaats kan men de fouten zeer wel bepalen door met de te onderzoeken sextant de hoeken na te meten tussen punten, waarvan de richtingen met een theodoliet zo nauwkeurig mogelijk bepaald zijn. Men kiest hiervoor punten, die op minstens 2600 m afstand liggen en zoveel mogelijk in een zelfde horizontale vlak. Om rustig te kunnen meten, plaatst men de sextant zodanig op een tafeltje of op een plankje, dat men op een theodoliet-statief bevestigt, dat de as van de alhidade nauwkeurig ter plaatse komt van de 1e as van de theodoliet.

Van de bepaalde fouten stelt men een lijstje samen. Bij opklimmende waarden van de hoeken, waarbij de fouten zijn bepaald, moeten deze regelmatig verlopen.

Plotselinge sprongen wijzen op een minder goede foutenbepaling, welke dan opnieuw verricht moet worden. Het verdient aanbeveling de theodolietmetingen eerst te verrichten.

De aldus bepaalde fouten duidt men ook wel aan met „doosfouten”. Bij elke sextantmeting moet de doosfout voor een bepaalde grootte van de gemeten hoek toegepast worden volgens de foutenlijst. Voor tussengelegen hoekwaarden interpoleert men.

### 2.7.4.3 *Regeling van een triangulatiesextant voorzien van pentaprisma*

Het pentaprisma moet wanneer het op de sextant geplaatst is zo zuiver mogelijk een hoekvergroting van  $90^\circ$  geven. Een eventuele afwijking van deze waarde wordt door de fabrikant bij elk prisma opgegeven. De regeling van de sextant heeft plaats op de wijze als in de vorige paragrafen is aangegeven, waarbij het prisma dan niet opgezet wordt. Men stelt wederom een lijst van „doosfouten” samen en bepaalt op de normale wijze de indexcorrectie van het instrument zonder prisma. Daarna vangt men de metingen met opgezet prisma aan, waarbij op de aflezingen de volgende correcties toegepast moeten worden: de correctie voor de „doosfout”, indexcorrectie en prismacorrectie.

Twijfelt men aan de juistheid van de opgave van de prismacorrectie, dan kan men deze zelf als volgt bepalen. Men maakt de indexcorrectie eerst nul; daarna plaatst men het pentaprisma en meet diverse van te voren met een theodoliet bepaalde hoeken na. Men begint bij een hoek van ongeveer  $90^\circ$  en laat de volgende hoeken telkens opklimmen met een waarde van  $10-15^\circ$  tot een maximum van  $200^\circ$ . Het verschil met de reeds eerder bepaalde „doosfouten” van het instrument zonder prisma moet dan constant zijn en gelijk aan de opgegeven prismacorrectie.

*Elk pentaprisma behoort bij een bepaalde sextant; verwisseling van de prisma's is verboden.*

## 2.8 Hoekspiegel

Dit eenvoudige instrument is zeer handig bij het stomen van merklijnen, waarvan één punt recht vooruit en het andere punt recht achteruit ligt. De hoekspiegel wordt veel gebruikt voor het maken van lodingslagen in zeearmen of op brede rivieren. Het instrument bestaat uit twee spiegels, waarvan de spiegelende oppervlakken een hoek van  $90^\circ$  met elkaar maken. Men plaatst de ene spiegel zodanig voor een oog, dat de bissectrice van de hoek tussen beide spiegels ongeveer recht naar voren wijst. Daarbij zorgt men dat de andere spiegel een vrije blikrichting heeft naar achteren. In fig. 2.10 wordt het principe verder verklaard. Men kijkt over de ene spiegel heen naar het voorste punt en ziet tegelijk in deze spiegel het via de andere spiegel teruggekaatste beeld van het achterste punt van de merklijn. Door beide punten in dekking te houden kan men in de merklijn blijven. In feite voert men hier het „boogstomen” uit, waarbij de gemeten boog  $180^\circ$  is. Voor een behoorlijk gezichtsveld verdient het aanbeveling het formaat van de spiegels niet te klein te kiezen. In de praktijk hebben spiegels met afmetingen van  $10 \times 16$  cm goed voldaan. Voor een goede coincidentie tussen het rechtstreeks geziene en het teruggekaatste beeld moet de bovenste lijst, waarin de spiegel, waarover men heen kijkt, gevat is, zo smal mogelijk gehouden worden.

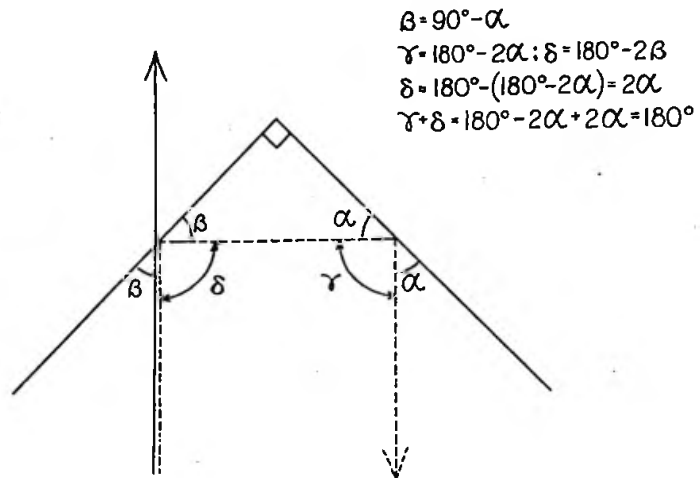


Fig. 2.10

## 2.9 Kunstkim

Men gebruikt een kunstkim, wanneer men aan de wal, niet over een kim beschikende, zons- of stershoogten wil meten. De in de handel zijnde luchtbelsextanten of sextanten met een kunstmatige horizon geven geen nauwkeurige resultaten, althans niet voor hydrografische doeleinden.

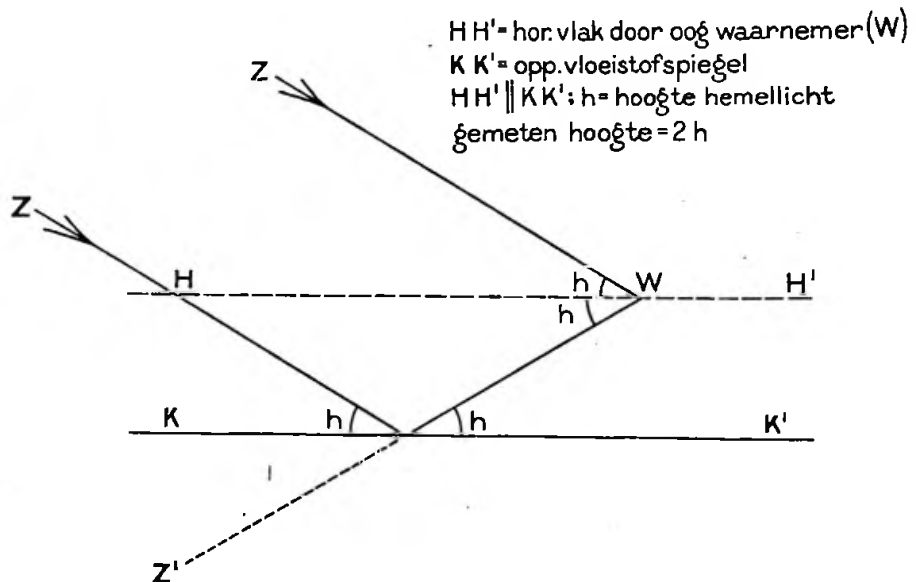


Fig. 2.11

In principe bestaat het instrument uit een spiegellend vloeistofoppervlak, dat door de zwaartekracht zijn horizontale stand zoekt. In verband met optredende trillingen, luchtbeweging e. d. moet de vloeistof een lage viscositeit hebben. Verder moet een goede reflectie mogelijk zijn. Aangewezen als vloeistof is derhalve kwik. De kunstkim komt in diverse uitvoeringen voor. Meestal bestaat het apparaat uit een schotel, die in verbinding staat met een kwikreservoir. Met een pompje wordt het kwik op de schotel gebracht. Met behulp van een glazen staafje wordt eventuele verontreiniging op het kwik afgeroomd. Meestal kan over de schotel heen nog een kap met sleuf geplaatst worden ter beschutting tegen de wind.

Zoals uit fig. 2.11 blijkt, meet men een dubbele hoek. Het spreekt vanzelf dat men bij astronomische waarnemingen geen correctie voor de kimduiking toepast, doch alleen voor de refractie en eventueel voor parallax en zons halve middellijn. Gebruikt men bij de waarneming een astronomische kijker, dan geldt voor het bepalen of men de boven- of onderrand van de zon meet, de volgende regel: Bij *rijzende zon* zullen de *bovenranden* van beide zonsbeelden elkaar gaan overlappen, bij *dalende zon* gaan deze randen van elkaar. Voor de *onderranden* geldt het tegenovergestelde.

Bij gebrek aan kwikzilver is het ook mogelijk andere vloeistoffen te gebruiken, mits met lage viscositeit, b.v. dikke olie of stroop. Het reflecterend vermogen is hiervan evenwel aanzienlijk geringer.

## 2.10 Heliotroop (heliograaf of heliostaat)

Bij het meten op een ver verwijderd punt, dat slecht zichtbaar is, maakt men wel gebruik van een heliotroop, waarmee men vanuit het punt, waarop gemeten wordt, het zonlicht kan reflecteren naar de plaats waar de waarnemer opgesteld staat.

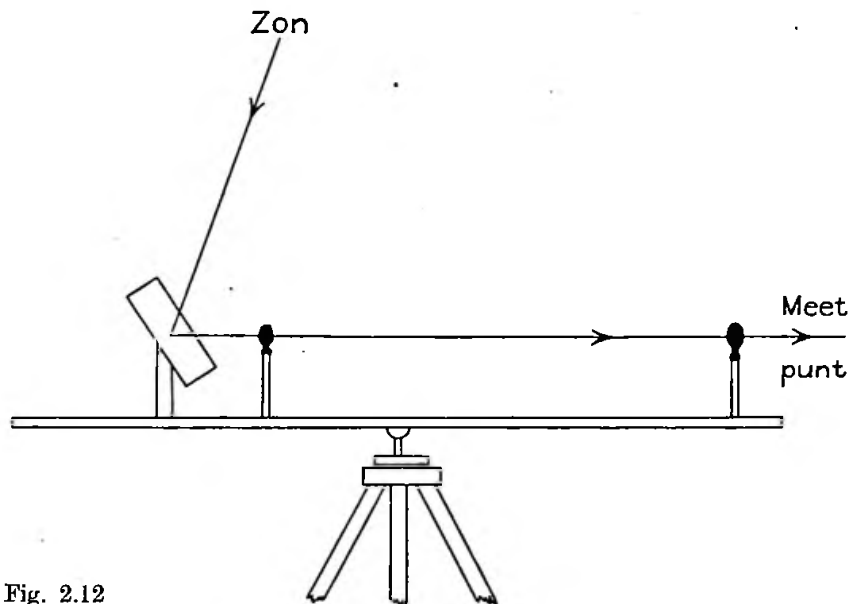


Fig. 2.12



Het instrument wordt ook wel aangeduid met de naam heliograaf, hoewel dit meer een apparaat is om met behulp van het zonlicht over grote afstanden seintekens over te brengen. De constructie is vrijwel gelijk; alleen heeft men een inrichting aangebracht om het zonlicht af te schermen en aldus strepen en punten aan te geven. Het is zeer goed mogelijk een heliograaf ook als heliotroop te gebruiken.



Fig. 2.13

In de meest eenvoudige uitvoering bestaat een heliotroop uit een stang, waarop twee vizieren zijn aangebracht (fig. 2.12 en 2.13). Achter het achterste vizier is een spiegel aangebracht, die zowel azimuthaal als verticaal draaibaar is. Men richt het instrument over beide vizieren op de plaats van de waarnemer. Daarna wordt de spiegel zodanig gedraaid, dat de schaduw van het achterste op het voorste vizier valt. Door de spiegel te verdraaien, naar gelang de zon van stand verandert, houdt men steeds de bundel op de waarnemer gericht.

In de meer moderne uitvoering zijn de vizieren door een richtkijker vervangen. Ter zijde van of boven op de richtkijker is de draaibare spiegel geplaatst. Via een prismastelsel of spiegel-tjes en een gekleurd glas wordt in de richtkijker tevens een beeld van de zon verkregen, dat door de spiegel in de richting van de waarnemer teruggekaatst wordt. Door de kijker op het observatiepunt te richten en de spiegel zodanig te draaien, dat het zonsbeeld in de kijker het beeld van het eerstgenoemde punt bedekt, brengt men de bundel zonlicht op de plaats van de waarnemer. Het is voldoende de spiegel om de minuut bij te stellen. De richtnauwkeurigheid moet ongeveer 32' (16' aan weerszijden van het doel) bedragen. Dit is namelijk de grootte van de diameter van de bundel zonlicht. Hieruit volgt dat men op 20.000 meter afstand op ongeveer 100 meter aan weerszijden van het doel de zonlichtbundel nog ziet. Een grote spiegel be-

vordert de helderheid van het beeld. Sommige instrumenten hebben voor de spiegel een diafragma, waarmee men de intensiteit van de lichtbundel kan regelen. Verder is dikwijls een tweede spiegel nodig om het zonlicht op de spiegel te krijgen, b.v. wanneer de zon diametraal t. o. v. het observatiepunt staat.

Wanneer niet of slecht op de waarnemersplaats te richten is, maakt men gebruik van een hulppunt. Op ongeveer 50 meter in de voorlopig *berekende* richting van het observatiepunt plaatst men een hulpbaken, waarbij met een eventueel onderling hoogteverschil tussen heliotroop en observatiepunt rekening gehouden moet worden.

Van tijd tot tijd dient het instrument geregeld te worden. De as van de richtkijker moet nl. evenwijdig zijn aan de hartlijn van de lichtbundel, die naar het observatiepunt gezonden wordt. Het regelen kan op eenvoudige wijze als volgt

geschieden. Men plaatst op ongeveer 50 m afstand van de heliotroop verticaal een sloepstekenplank, waarop een vel tekenpapier bevestigd is. In het midden van dit papier wordt een zwarte stip van ongeveer 2 cm middellijn getekend. Men richt de heliotroop op dit merk en zorgt dat in de richtkijker door draaiing van de spiegel het zonsbeeld de zwarte stip bedekt. Via de spiegel moet dan ook op de sloepstekenplank het middelpunt van het geprojecteerde zonsbeeld (diameter  $\pm 40$  cm) samenvallen met de zwarte stip. De parallax (tengevolge van de afstand tussen kijkeras en hartlijn lichtbundel) moet hierbij in rekening gebracht worden. Deze parallax, nl. de afstand tussen hartlijn richtkijker en middelpunt spiegel, is aan het instrument gemakkelijk op te meten. Wanneer de regeling niet met eigen middelen aan het instrument is uit te voeren, meet men de afwijking op, welke in hoekmaat uitgedrukt in rekening gebracht kan worden bij het richten van de heliotroop op de waarnemersplaats.

Hoewel eigenlijk buiten het bestek van de beschrijving van de heliotroop vallende, dient nog de aandacht gevestigd te worden op het gebruik van sterke lampen, waarop des nachts kan gemeten worden. Afhankelijk van de atmosferische invloeden dient voor de overbrugging van bepaalde afstanden de lichtsterkte geregeld te worden. Speciale lampen, voorzien van richtmiddelen en een elektrische- of acetyleenlichtbron, zijn in de handel. Om bij helder zicht een afstand van ongeveer 80 km te overbruggen, rekent men een lichtsterkte van 600 Int. kaarsen nodig te hebben, wanneer de lichtbundel via een holle of een parabolische spiegel door een condensor op het doel gericht kan worden.

## 2.11 Theodoliet

Een theodoliet dient voor meten van richtingen en hoeken. Hierbij wordt direct de projectie van een hoek in het horizontale vlak gemeten. Men behoeft dus niet als bij de sextant een correctie toe te passen voor de helling, wanneer de punten, waarop men meet, niet in een zelfde horizontale vlak met het punt liggen, waarin men meet. Observeert men in een punt P en wil men van hieruit de hoek meten tussen twee punten A en B, dan bepaalt men bij theodolietmetingen de hoek tussen de beide verticale vlakken door PA en PB.

### 2.11.1 Principe en algemene inrichting

Het *principe* van een theodoliet is als volgt (fig. 2.14). Om een as, die zuiver verticaal gesteld wordt, de z.g. 1e as, draait men een kijker, die weer bevestigd is op een 2e of horizontale as. Om de 2e as kan men de kijker dus in het verticale vlak draaien. De kijkeras of de vizierlijn noemt men wel de 3e as. Deze moet zuiver loodrecht op de 2e as staan. Men stelt de kijker in op het te meten punt A. Op een horizontale randverdeling leest men dan de stand van de alhidade af, die met de kijker bij de draaiing om de 1e as meedraait. Daarna richt men op het punt B, waarbij de horizontale rand weer afgelezen wordt. Het verschil in aflezingen geeft dan de gevraagde hoek APB.

Wanneer men de alhidade in het verlengde doortrekt, ziet men dat het mogelijk is twee aflezingen van de horizontale rand te verkrijgen, die  $180^\circ$  verschillen.

Het zuiver verticaal stellen van de 1e as geschiedt door het horizontaal stellen van het vlak van de randverdeling, waarop de 1e as loodrecht aangebracht is. Het horizontaal stellen van het vlak van de horizontale randverdeling geschiedt met

behulp van dampbelniveau's. De kijkeras wordt aangegeven door in de kijkerbuis een meetkruis aan te brengen in de vorm van een dradenkruis of van een glazen plaatje, waarin twee loodrecht op elkaar staande lijnen geëtst zijn. Meestal is vast

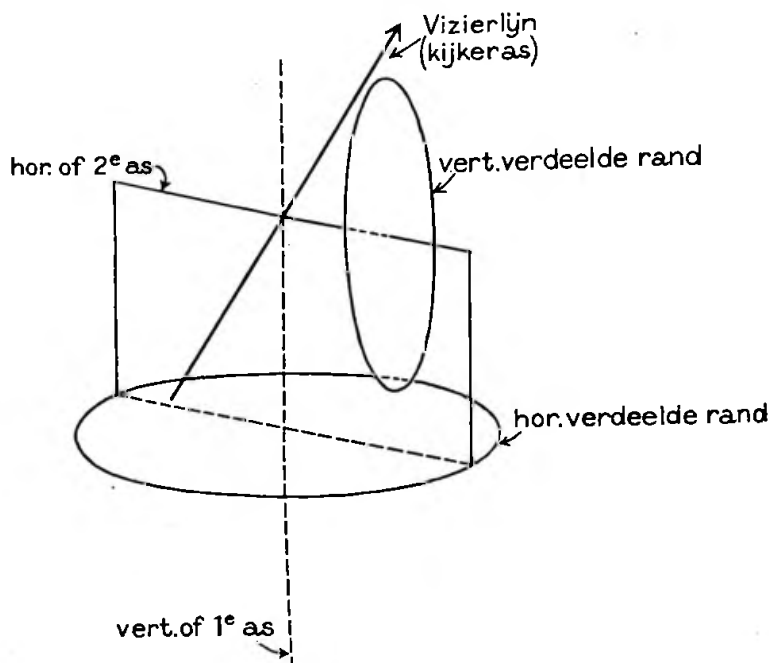


Fig. 2.14

aan de 2e as nog bevestigd een verticale verdeelde rand. Hiermede kunnen dan hoeken in het verticale vlak gemeten worden, b.v. zenith-afstanden. Is de verdeling van de verticale rand ongeveer even nauwkeurig uitgevoerd als die van de horizontale rand, dan spreekt men wel van een *universaal-instrument*. Vrijwel alle moderne theodolieten kunnen als universeel-instrument aangeduid worden.

Een mate voor de nauwkeurigheid van de aflezing is enigszins de diameter van de verdeelde randen. Dit gaat evenwel niet altijd op. Zo is de afleesnauwkeurigheid van een moderne theodoliet met glazen verdeelde rand met een diameter van 9 cm groter dan die van een theodoliet met een gegraveerde nieuw-zilveren rand met een diameter van 16 cm.

Om de afleesnauwkeurigheid te verhogen brengt men een nonius aan, waarvan verschillende uitvoeringen bestaan.

Voor het nauwkeurig richten van de kijker zijn micro-schroeven aangebracht.

Bij de verdere bestudering houde men het volgende goed in gedachte: Bij het richten op punten ten einde de hoek tussen punten in het horizontale vlak te meten, staat de *horizontale* rand *vast* en leest men af t. o. v. een alhidade, die met de kijker in het horizontale vlak *meedraait*. Later zal aangegeven worden hoe de horizontale rand ook te draaien is, doch dit geschiedt nimmer tijdens de meting.

De *verticale* rand, zo deze is aangebracht, is *vast* bevestigd aan de 2e as, dus *draait met de kijker* in het verticale vlak *mee*. Het aflezen geschiedt hier (ook in twee diametraal tegenover elkaar gelegen punten) t. o. v. een *vaststaande* alhidade. Zoals later aangegeven zal worden is het ook mogelijk de alhidade over een kleine hoek te verstellen, doch dit gebeurt nimmer tijdens het richten van de kijker.

### 2.11.2 Onderdelen en toebehoren

Achtereenvolgens zal een korte beschrijving gegeven worden van:

1. de kijker;
2. de assen;
3. de verdeelde randen en afleesinrichtingen;
4. de fijnbeweging (micrometerschroef) en klem-inrichting;
5. de niveau's;
6. het statief.

#### 2.11.2.1 De kijker

De kijker komt meestal voor in een uitvoering volgens het principe van de astronomische kijker van Kepler, die samengesteld is uit een positieve lens (het objectief) en een negatieve lens (het oculair), die als loupe dienst doet. Het objectief geeft van een voorwerp een omgekeerd verkleind reëel beeld, dat dan door een loupe (het oculair) bekeken, vergroot, doch nog steeds omgekeerd weergegeven wordt.

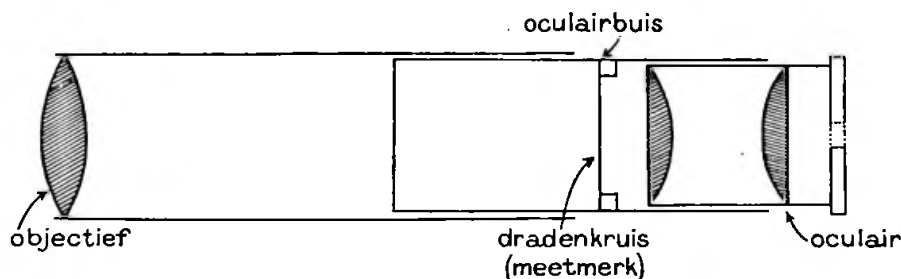


Fig. 2.15

Richt men de kijker op een ver verwijderd voorwerp, dan ontstaat in het brandvlak van het objectief het bovengenoemde beeld. Zorgt men dat dit beeld in het brandvlak van het oculair komt te staan, dan ziet men een scherp vergroot omgekeerd beeld van het voorwerp. Dit geldt voor normale ogen. Bij abnormale ogen zal men het oculair moeten verstellen, zodat men zonder het oog te moeten accommoderen een scherp beeld ziet. Wanneer men een dichtbij gelegen voorwerp door de kijker beschouwt, dan zal het door het objectief gevormde beeld niet in het brandvlak van deze lens liggen. Hieruit volgt dat voor een scherp beeld het oculair weer versteld moet worden. Dus ook om deze reden moet het oculair in- en uitschuifbaar zijn.

De optische uitvoering van de kijker dient prima te zijn.

Van belang zijn de volgende eigenschappen:

- a. *De vergroting.* Voor het nauwkeurig doen coïncideren van het meetpunt met het snijpunt van de kruisdraden of met het meetkruis moet over een voldoende vergroting beschikt worden. Bij moderne theodolieten vergroot de kijker ongeveer 28 maal. De vergroting wordt bepaald door de verhouding:  $v = \frac{f_1}{f_2}$ , waarin  $f_1$  = brandpuntafstand objectief en  $f_2$  = brandpuntafstand oculair.  
Dus door de brandpuntafstand van het objectief te vergroten en die van het oculair te verkleinen, kan men die vergroting opvoeren. In het eerste geval wordt de kijker langer en in het laatste geval wordt het gezichtsveld kleiner. Men dient dus tot een compromis te komen om een kijker te verkrijgen met een voldoende vergroting, waarbij de kijkerbuis niet onhandelbaar lang mag zijn, terwijl tevens het gezichtsveld nog voldoende groot moet zijn. Bij de behandeling van de Wild T2 theodoliet zal aangegeven worden hoe men door toepassing van bepaalde lenssystemen bij een behoorlijke vergroting de kijkerbuis kort heeft kunnen houden.
- b. *De helderheid.* Hieronder verstaat men de *relatieve* helderheid, d. i. de verhouding van de verlichtingssterkte op het netvlies van het oog wanneer men door de kijker ziet en wanneer men met het blote oog kijkt. De hoeveelheid licht, die de kijker opvangt, is afhankelijk van het oppervlak van het objectief, waar doorheen het licht binnenkomt. De helderheid kan men dus opvoeren door de diameter van het objectief groter te nemen. Een vergroting hiervan geeft evenwel op den duur geen verhoging van de lichtsterkte meer, indien de hiermede eveneens toenemende grootte van de uitreepupil de middellijn van de intreepupil van het oog gaat overtreffen.
- c. *Het oplossend vermogen.* Hieronder verstaat men het onderscheidingsvermogen van een kijker om details nog waar te nemen. Deze eigenschap is van belang voor het nauwkeurig richten op een meetpunt, vooral wanneer dit op een grote afstand staat en moeilijk los van de omgeving te zien is.
- d. *De reflectie van de lenzen.* Deze dient zo klein mogelijk te zijn, omdat hierdoor licht teruggekaatst wordt, hetgeen ten koste van de lichtsterkte gaat. Vooral de grenslagen „glas tegen lucht” reflecteren vrij veel licht. Men voorziet de lenzen op de onverkitte vlakken tegenwoordig veel van een uiterst dun laagje chemische stof, die de eigenschap heeft geen licht te reflecteren doch wel dóór te laten („coated lenses”). Men herkent aldus behandelde lenzen aan een blauw tot violetachtig waas, dat evenwel verdwijnt wanneer men recht door de lens kijkt. Afhankelijk van het aantal lensvlakken grenzende aan lucht, wordt door genoemde behandeling de lichtsterkte met 25—50 % verhoogd.

Aan de *scherpstelling* van de theodoliet-kijker worden de volgende eisen gesteld:

1. Het beeld van het punt, waarop gericht wordt, moet in het vlak van het meetkruis liggen en daarin samenvallen met het snijpunt van horizontale en verticale draad(lijn). Dus b.v. bij het richten ter bepaling van een hoek in het horizontale vlak moet de coïncidentie van het meetpunt en de verticale draad(lijn) zo dicht mogelijk bij het snijpunt met de horizontale draad(lijn) plaats hebben.

2. Door het oculair moet men zowel het meetpuntbeeld als het meetkruis scherp zien. Aangezien de punten, waarop men richt in het algemeen op verschillende afstanden zullen liggen en dus beelden zullen geven, die op verschillende afstanden van het objectief liggen, is het noodzakelijk, dat een inrichting aanwezig is voor het doen samenvallen van het beeldvlak en het vlak van het meetkruis.

In oudere uitvoeringen (zie fig. 2.15) bereikt men dit door de oculairbuis in de kijkerbuis in- en uitschuifbaar te maken, terwijl het oculair dan in de oculairbuis eveneens verschuifbaar is. Men kan dus oculair *met* meetkruis gezamenlijk t. o. v. het objectief verschuiven en het oculair weer afzonderlijk t. o. v. het meetkruis. Met een dergelijke kijker wordt als volgt scherp gesteld. Men richt de kijker op de hemel en verschuift het oculair tot men het meetkruis scherp ziet. Hierbij dient het accomoderen van het oog vermeden te worden. Dit kan men bereiken door het oog, waarmede men niet door het oculair ziet, eveneens open te houden. Daarna richt men de kijker op het meetpunt en verschuift daarbij de *gehele* oculairbuis (dus oculair met meetkruis) zodanig tot men een scherp beeld van het meetpunt krijgt. Zijn beide beschreven scherpstellingen goed uitgevoerd, dan ligt het beeld van het meetpunt in het vlak van het meetkruis. De scherpstelling van het meetkruis geeft hierbij de grootste moeilijkheid, aangezien men het kruis als zwarte gladde lijnen ziet, waardoor het moeilijk te beoordelen is, wanneer men zo scherp mogelijk ingesteld heeft. Men is daarbij geneigd bij enige inspanning het oog te laten accomoderen.

Een goede beoordeling van de juiste instelling biedt de controle op *parallax*. Wanneer men het oog t. o. v. het oculair op en neer of heen en weer beweegt, mag men het snijpunt van het meetkruis niet zien bewegen t. o. v. het meetpuntbeeld. Treedt dit verschijnsel wel op, dan heeft men met *parallax* te maken, die de nauwkeurigheid van de instelling belangrijk kan schaden. In het geval van geconstateerde *parallax* verschuift men de *oculairbuis* net zolang tot men het verschijnsel niet meer waarneemt. Men heeft dan het meetkruis in het beeldvlak van het meetpunt gebracht. In het algemeen zal nu het oculair niet meer op de goede afstand van het beeldvlak van het meetpunt staan, waardoor men dit onscherp ziet. Men moet dan het oculair opnieuw instellen (dus alleen het *oculair*) tot men het beeld van het meetpunt wel scherp ziet.

Voor het snel instellen van het oculair is aan de stelring van het oculair een dioptrieënverdeling aangebracht. Heeft men eenmaal een goede instelling van het oculair verkregen, dan leest men de dioptrieënaanwijzing af, die voor een zelfde persoon voor een volgende waarneming kan dienen.

*Van een juiste scherpstelling van de kijker hangt in belangrijke mate de nauwkeurigheid van de meting af.*

#### *Regels scherpstelling kijker :*

- a. Meetkruis scherpstellen met oculair (beide ogen open).
- b. Richten op meetpunt. Door verschuiving *oculairbuis* meetpuntbeeld scherp stellen.
- c. *Parallax-controle* door oog t. o. v. oculair te bewegen. Eventuele *parallax* opheffen door verstelling *oculairbuis*.
- d. Bij dan optredende onscherpte van het meetpuntbeeld *oculair* opnieuw instellen. Dioptrieën-instelling aflezen en noteren.

### § 2.11.2.1

Bij meer moderne instrumenten bestaat het objectief uit een vaste positieve en een verschuifbare negatieve lens. Beeldvlak en vlak van meetkruis worden hier tot samenvallen gebracht door een verschuiving van de negatieve lens. De oculairbuis is in dit geval niet uitschuifbaar; zie ook par. 2.11.6.1.

De nauwkeurigheid van het richten wordt wel door de volgende formule uitgedrukt:

$$m = \frac{c}{\sqrt{v}}, \text{ waarin:}$$

$m$  = de middelbare fout in de enkele instelling van de richtlijn uitgedrukt in seconden;  
 $c$  = een factor afhankelijk van de aard van het meetpunt, de afstand tot het meetpunt, de constructie van het meetkruis en de atmosferische toestand;  
 $v$  = de vergroting van de kijker.

De waarde van  $c$  varieert voor verschillende bij het Bureau Hydrografie in gebruik zijnde typen van theodolieten van 3",5 tot 12".

### 2.11.2.2 De assen

a. De verticale of 1e as is bij de oudere constructies conisch geslepen en draait dan in een conisch uitgeboorde bus, die één geheel uitmaakt met het onderstel van de theodoliet. Een nadeel van deze constructie is dat bij temperatuurswisselingen de as meer of minder in de bus klemt, waardoor de beweging van de theodoliet om de verticale as soms te stroef gaat. Naar de constructie van de 1e as onderscheidt men de theodolieten wel in:

1. repetitie-theodolieten (fig. 2.16) en
2. reïteratie-theodolieten (fig. 2.17).

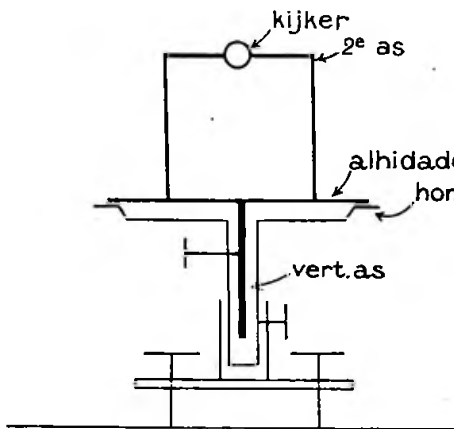


Fig. 2.16

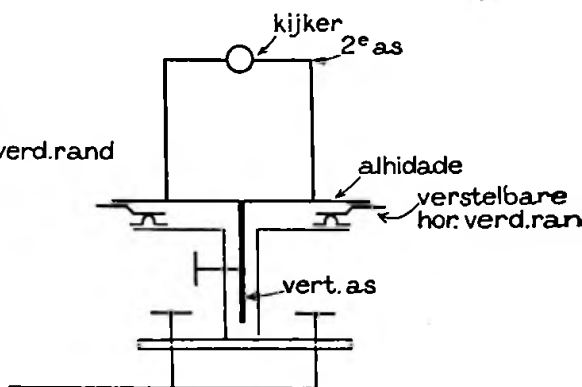


Fig. 2.17

Het onderscheid tussen beide typen is gemaakt naar aanleiding van de verschillende wijzen van metingen.

Bij de eerstgenoemde uitvoering, die men veel bij oudere constructies aantreft, draait de verticale as in een binnenbus, die weer draaibaar in een buitenbus geplaatst is. De binnenbus draagt de horizontale verdeelde rand en kan t. o. v. de buitenbus

vastgeklemd worden. Dit is een middel om de verdeelde rand te kunnen draaien, wanneer men b.v. op een ander gedeelte van de randverdeling de metingen wenst te verrichten. Heeft men een serie in een bepaalde randstand gemeten en wenst men deze metingen op een ander gedeelte van de rand te herhalen, b.v. in een stand, die  $90^\circ$  met de oorspronkelijke verschilt, dan gaat men als volgt te werk. Bij de laatste aflezing van een instelling telt men  $90^\circ$  op. Men ontklemt de verticale as t. o. v. de binnenbus, die aan de buitenbus vastgeklemd blijft. Men draait de kijker, dus ook de alhidade, zover dat de aflezing op de horizontale rand  $90^\circ$  groter is. Men klemt de verticale as aan de binnenbus, ontklemt de binnenbus t. o. v. de buitenbus en draait het geheel t.w. kijker met verticale as en alhidade, binnenbus met horizontale rand terug, zodanig dat men het laatste meetpunt weer in het snijpunt van de kruisdraden krijgt. Daarna klemt men de binnenbus weer vast, stelt met de micrometerschroef opnieuw in en vangt de nieuwe serie in de aldus gewijzigde randstand aan.

Het reïteratie-principe ziet men veel toegepast bij moderne theodolieten, o.a. bij de Wild T2. Hierbij heeft men alleen een verticale as, die in een vaststaande bus kan draaien. De horizontale rand is evenwel draaibaar t. o. v. het vaste onderstel van de theodoliet aangebracht. Bij een vastgeklemd verticale as, waarbij de kijker dus op het doel blijft, kan men d. m. v. een stelknop met tandrad-overbrenging de horizontale rand over elke gewenste hoek verstellen. De randverstelling is hierbij dus zeer vereenvoudigd.

Bij moderne theodolieten is men afgestapt van de conische assen en bussen en is men overgegaan tot cilindrische assen met kogellagers (zie fig. 2.37).

b. *De horizontale as of de 2e as* rust met tappen in de lagers van de om de 1e as draaibare bovenbouw van de theodoliet. Bij oudere constructies kan de kijker met as gemakkelijk gelicht worden door de dekplaten van de taplagers los te maken. Deze constructie heeft het nadeel, dat gemakkelijk verontreiniging in de ligplaatsen van de tappen kan ontstaan met gevolg onnauwkeurigheid in de centering van de 2e as. Bij de moderne constructies zijn de tappen meestal stofdicht in hun ligplaatsen opgesloten. De verticale verdeelde rand is altijd vast aan de 2e as bevestigd; de alhidade is bevestigd aan de bovenbouw en over een kleine hoek verstelbaar.

### 2.11.2.3 *De verdeelde randen en afleesinrichtingen*

De randverdeling wordt op een afzonderlijke schijf of ring aangebracht, welke zodanig op de theodoliet wordt bevestigd, dat het middelpunt van de verdeling samenvalt met de draaiïngsas, die loodrecht op het vlak van de randverdeling staat. Bij de oudere constructies bestaat de rand uit een bronzen schijf, waarin een zilveren strook dof gepolijst, in een groef wordt aangebracht. De randverdeling wordt met een automatisch graverende verdeelmachine in de dofzilveren strook of bij moderne instrumenten op een verzilverde glazen schijf aangebracht.

Bij laatstgenoemde uitvoering kan men uiterst fijne lijnen aanbrengen, die ook bij zeer sterke vergroting nog als scherpe gladde lijnen waargenomen worden. Het teruggekaatste licht op het vlak van de randverdeling wordt onderbroken door de gegraveerde strepen, waardoor men deze als zwarte lijnen op een licht veld ziet. Door het gebruik van zeer fijne graveermachines kan men op deze wijze op een verzilverde glazen schijf van 9 cm diameter dezelfde nauwkeurigheid verkrijgen als bij de oudere uitvoeringen in zilver met een diameter van 16 cm van de verdeelde rand.



Bij zeer goede moderne instrumenten is men thans in staat de randverdeling met een middelbare fout van  $0''{,}2$  aan te brengen.

Het plaatsen van de cijfers op de randverdeling geschiedt eveneens door de graveermachine en wel zodanig, dat minstens 2 cijfers te allen tijde in het gezichtsveld van de afleesinrichting vallen. De becijfering van  $0^\circ$  tot  $360^\circ$  (of van  $0^\circ$  tot  $400^\circ$ ) is rechtsomgaand.

Van de verticale randverdeling is de becijfering meestal zodanig aangebracht dat men in de kijkerstand „Kijker gewoon” (bij de Wild T2 RL = verticale rand links van het oculair) rechtstreeks de zenith-afstand afleest.

Ook bij de *afleesinrichtingen* komt men zeer uiteenlopende constructies tegen. Wanneer de vizierlijn van de kijker op een punt gericht is, leest men de randverdeling af t. o. v. een op de alhidade aangebrachte streep. Hierbij kan men meestal nauwkeurig op  $\frac{1}{10}$  deel van het verdelingsinterval schatten. Om de aflezing nauwkeuriger te maken past men allerlei hulpmiddelen toe. Het meest voor de hand ligt de rand en de index van de alhidade met een sterk vergrotende loupe of microscoop te bekijken.

Bij oudere uitvoeringen zijn de meest voorkomende uitvoeringen:

- a. *de streepmicroscoop*. Op beide uiteinden van de alhidade zijn microscopen geplaatst. In het gezichtsveld van elke microscoop is een streep zichtbaar, ten opzichte waarvan men de rand afleest;

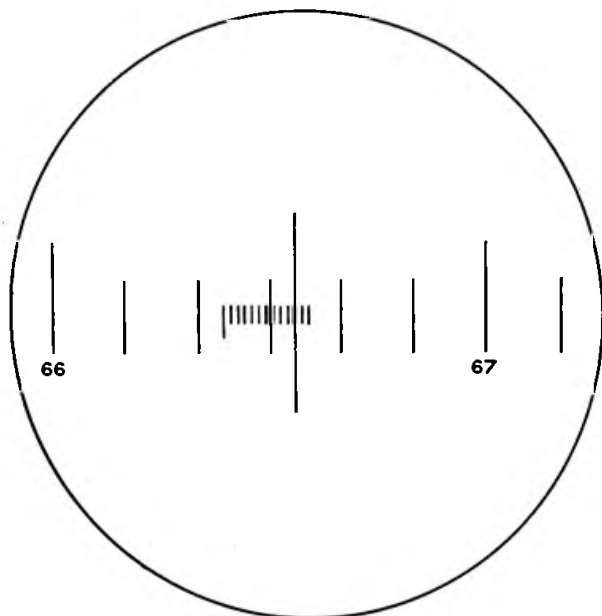


Fig. 2.18

- b. *de schaalmicroscoop*. Ook hier is op elk uiteinde van de alhidade een microscoop aangebracht. In het veld hiervan ziet men een schaalverdeling (zie fig. 2.18). Men heeft b.v. elke graad van de randverdeling in 6 gelijke intervallen onder-

verdeeld, zodat de aflezing ineens op volle graden en veelvouden van 10' geschiedt. De schaalverdeling in de microscoop heeft men dan in 10 gelijke eenheden verdeeld. Op de rand leest men t. o. v. de lange indexstreep het aantal graden en tientallen minuten af, d. i. in de figuur  $66^{\circ} 30'$ . Dan telt men op de schaal vanaf de indexstreep naar links het aantal minuten af tot men de eerste streep van de randverdeling ontmoet; hier dus de 30'-streep. Men schat hierbij het aantal tienden van minuten. In het voorbeeld leest men dus af:  $66^{\circ} 33',3$ ;

- c. de *noniusaflezing*. Op de alhidade is een noniusverdeling aangebracht, waarmee men de randverdeling afleest als bij een sextant. Een sterke loupe is dikwijls aangebracht om de nauwkeurigheid van aflezing te verhogen.

Bij moderne theodolieten ziet men veel toegepast de *symmetrie*- en de *coïncidentieaflezing*. Hier wordt het interval tussen randverdeling-streep en index-streep niet rechtstreeks afgelezen, doch met bepaalde hulpmiddelen opgemeten. Vandaar dat men aan deze afleesinrichtingen wel de naam toekent van *optische micrometers*. Bij de beschrijving van de Wild T2 theodoliet zal op de coïncidentieaflezing nader teruggekomen worden (par. 2.11.6.3).

Wat betreft de *nauwkeurigheid* van theodolietmetingen i. v. m. de afleesinrichtingen nog het volgende. De richtfouten van de kijker zijn in het algemeen onbelangrijk t. o. v. de fouten, die men bij de aflezing maakt. De goede uitvoering van de afleesinrichting is daarom van grote invloed op de nauwkeurigheid, waarmee men met een bepaald instrument kan meten. Ter vergelijking van de diverse afleesystemen wordt hier van verschillende goede theodolieten de middelbare fout vermeld in de enkele meting van één richting onder normale omstandigheden:

| Merk theodoliet      | Type aflezing    | Diameter horizontale rand | Middelbare fout |
|----------------------|------------------|---------------------------|-----------------|
| Zeiss II . . . . .   | Coïncidentie     | 9 cm                      | 2",5            |
| Wild T2 . . . . .    | Coïncidentie     | 9 cm                      | 3",4            |
| Kern DK2M . . . . .  | Symmetrie        | 7 cm                      | 4",7            |
| De Koningh . . . . . | Schaalmicroscoop | 16 cm                     | 4",0            |
| De Koningh . . . . . | Nonius           | 10 cm                     | 11",6           |

De zeer gunstige middelbare fout bij de Zeisstheodoliet heeft men bereikt door voor de coïncidentie gebruik te maken van dubbele streepjes op de randverdeling.

De *afleesinrichting van de verticale rand*, wanneer deze rand bij een theodoliet aangetroffen wordt, is principieel van een geheel andere constructie, al geschiedt de aflezing zelf meestal op gelijke wijze als bij de horizontale rand. Zoals reeds eerder is aangegeven, vormen nl. randverdeling en kijker één vast geheel, dat tezamen om de 2e as draait.

De alhidade blijft tijdens het richten van de kijker en bij de aflezing stilstaan. Om een verticale hoek t. o. v. het horizontale vlak te meten moet dus deze alhidade dit vlak aangeven. Hiertoe is de alhidade voorzien van een zeer gevoelig niveau. Speelt dit niveau in, dan moet de aflezing op de verticale rand ook de zuivere elevatiehoek (fig. 2.19 =  $\alpha$ ) of de zenithafstand ( $90^{\circ} - \alpha$ ) aangeven. Bij een horizontale vizierlijn zal men dan op de verticale rand  $0^{\circ}$  of  $90^{\circ}$  moeten aflezen. Bij een afwijking

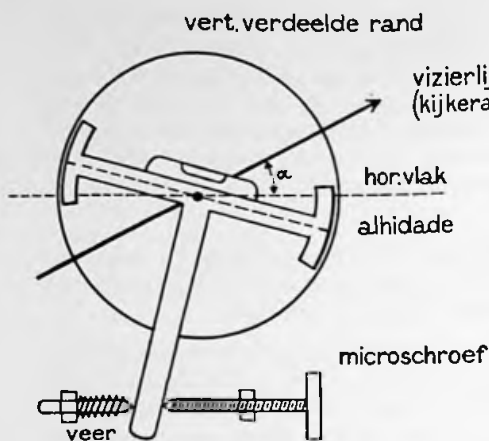


Fig. 2.19

is z.g. indexfout van het alhidade-niveau aanwezig. Hoe deze bepaald en opgegeven wordt zal nader besproken worden (par. 2.11.3.2 sub e).

Om het niveau van de verticale alhidade te doen inspelen, hetgeen dus telkens vóór de aflezing van de verticale rand dient te geschieden, is de alhidade voorzien van een microschroef, die op het verticale been van de alhidade werkt.

Hierdoor kan de alhidade om dezelfde as als de kijker (met verticale rand) over een kleine hoek gedraaid worden. Om de indexfout, die meestal ook na een zeer nauwkeurige regeling in geringe mate aanwezig blijft, geheel te elimineren, moet men in de twee kijkerstanden meten en de aflezingen middelen.

#### 2.11.2.4 De fijnbeweging (microschroef) en klemnrichting

Het is vrijwel niet mogelijk de kijker uit de vrije hand nauwkeurig op een punt te richten. Om dit rustig en nauwkeurig uit te kunnen voeren heeft men een fijnbeweging aangebracht, één voor de horizontale en één voor de verticale beweging van de kijker.

De constructie van de microschroef komt vrijwel altijd op het volgende principe neer (fig. 2.20 en 2.21).

De beweging om de 1e c.q. 2e as geschiedt door tussenvoeging van een hulpstuk, dat dus bij ontklemde assen normaal de kijkerbeweging volgt. Klemt men het hulpstuk nu vast, dan is van de kijker nog een geringe beweging mogelijk t.o.v. dit hulpstuk. In de figuren ziet men:

Het beweegbare gedeelte (onderstel theodoliet of 2e as met kijker) A draait met zijn as in de bus B. Om de bus B is aangebracht het hulpstuk C, dat medegenomen wordt met het beweegbare gedeelte A door de stuitnok D, die met A een vast geheel uitmaakt. Klemt men de bus B vast met behulp van de klem-

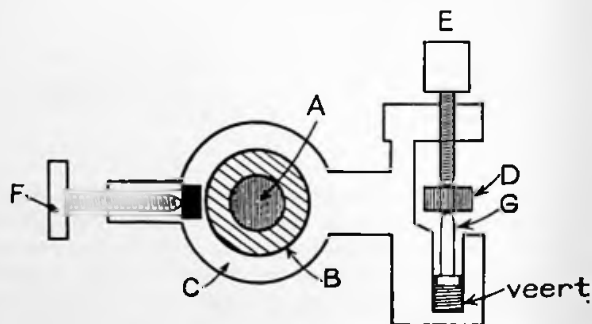


Fig. 2.20

schroef F, dan zal een verdere beweging van A eveneens belemmerd worden. D.m.v. de haarschroef E kan A nu nog over een geringe hoek t.o.v. C bewogen worden. Een veertje met drukstukje G in de microschroefinrichting zorgt voor een doorlopend contact tussen de haarschroefpunt en de nok D. De spoed van de microschroef is zodanig dat bij voldoende draaiing een zeer kleine verplaatsing van de vizerlijn nauwkeurig tot stand gebracht kan worden.

Uit het bovenstaande blijkt, dat de fijnbeweging pas werkt wanneer de klem-schroef aangedraaid is.

I. v. m. de verende inrichting van de microschroef zij men in-dachtig bij het instellen op een punt te zorgen dat de laatste be-weging van de microschroef steeds gericht is tegen de druk van het veertje in. (Bij de meeste construc-ties is deze beweging rechtsom.) Bij het uitdraaien kan nl. het druk-stukje G door wrijving de punt van de schroef niet dadelijk volgen. Het drukstukje kan mogelijk even later na de instelling wel opkomen, waardoor de kijker weer van het doel af is en men een verkeerde aflezing verkrijgt.

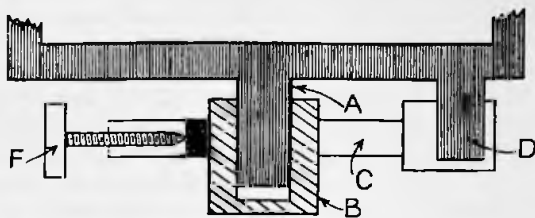


Fig. 2.21

### 2.11.2.5 De niveau's

Voor het zuiver verticaal en horizontaal stellen van resp. 1e en 2e as wordt gebruik gemaakt van niveau's. De normaal voorkomende uitvoering is het buis-niveau, d. i. een cylindervormige glazen buis, welke aan de bovenzijde inwendig zuiver cirkelvormig is uitgeslepen. Bij de vervaardiging wordt de buis geheel met aether gevuld. Door koken worden luchtblaasjes verdreven, waarna de buis snel dichtgesmolten wordt. Na afkoeling ontstaat door inkrimpen van de vloeistof een luchtledig, dat zich met aetherdamp vult. Dat gedeelte toont zich dus als een dampbel, ten onrechte wel luchtbel genoemd. Tengevolge van de zwaartekrachtinvloed op de vloeistof wil deze bel zich steeds naar het hoogstgelegen gedeelte van de buis begeven. Wanneer de raaklijn aan het midden van de binnenglaswand van de buis precies in het horizontale vlak ligt, zal de bel zich in het midden van de buis bevinden. Op het bovengedeelte is in het glas een verdeling aangebracht, waardoor de stand van het midden van de bel afgelezen kan worden, als men de uiteinden van de bel t. o. v. de verdeling afleest.

De verdeling is meestal aangebracht in eenheden van 2,256 mm (pars); de deelstrepen noemt men dan Parijse lijnen.

Staat de bel met zijn uiteinden symmetrisch t. o. v. het midden van de verdeling, dan zegt men dat de bel is *ingespeeld*. De raaklijn aan het midden van de binnen-glaswand, dus aan het midden van de bovenkant bel noemt men de richtlijn van het niveau, dat dan zuiver horizontaal staat. Geeft men aan de niveau-buis een helling, dan verplaatst de raaklijn aan de bel zich over een bepaalde hoek. De hoek-verandering door de verplaatsing van de bel over een eenheid van de verdeling noemt men de *hoekwaarde* van het niveau. Deze hoekwaarde wordt opgegeven in seconden per 1 pars (d.w.z. voor een verplaatsing van de bel over een afstand tussen 2 Parijse lijnen). Voor normale niveau's is de hoekwaarde 20 à 40'', voor een zeer gevoelig niveau 5 à 10'' en in sommige gevallen nog kleiner.

Meestal zijn aan een theodoliet één of meer buisniveau's aangebracht. Is een verti-cale rand aanwezig, dan treft men ook een buisniveau voor de verticale alhidade aan.

Behalve het buisniveau is meestal ook nog een *doosniveau* aanwezig, bestaande uit een rond metalen doosje aan de bovenzijde met glas afgedekt. In het midden van het glas is een cirkeltje gegraveerd; een verdere verdeling komt niet voor. Bij

horizontale stand van het doosniveau speelt de bel in. Deze niveau's zijn slechts bruikbaar voor het grof horizonteren van het instrument. De hoekwaarde is vrij groot, dikwijls 60". Met een doosniveau kan men het instrument in één stand horizontaal stellen; met één buisniveau op de theodoliet moet men de bel in twee loodrecht op elkaar staande richtingen laten inspelen.

Het buisniveau wordt in een metalen montuur bevestigd. Aan de bovenzijde heeft men een opening gelaten om de bel te kunnen waarnemen. Het montuur dient: 1°. ter bescherming van de glazen buis tegen breken, verontreiniging e.d., 2°. ter isolatie van temperatuursinvloeden en 3°. om het niveau zg. regelbaar aan het instrument te bevestigen. Aan het montuur zijn stelinrichtingen in de vorm van stelschroeven aangebracht, teneinde het niveau t.o.v. het bevestigingsvlak van de theodoliet te kunnen verstellen (zie later bij het „regelen der niveau's", par. 2.11.3.2, sub b).

De glazen buis moet spanningsvrij in het montuur zijn aangebracht. De aanraking tussen glas en metaal wordt verhinderd door tussenlegging van papier of een soortgelijke stof aan de uiteinden van de buis. Bij het meten moet vermeden worden het glas van het niveau aan te raken of het aan directe zonbestraling bloot te stellen. Plaatselijke vervorming en ontregeling van het niveau kan hiervan het gevolg zijn.

Voor het zuiver stellen van de assen worden wel losse niveau's bijgeleverd, die men op bepaalde pasvlakken van het instrument kan plaatsen. Zo heeft men het z.g. *ruilerniveau*, dat op de 2e as in de langsrichting van deze as geplaatst kan worden. Verder het *Horrebow-niveau*, dat wel gebruikt wordt voor het zuiver meten van zenith-afstanden. De hoekwaarden van genoemde niveau's zijn klein, nl. van de orde van enkele boogseconden.

#### 2.11.2.6 *Het statief*

De nauwkeurigheid, waarmee men theodolietwaarnemingen verricht hangt in hoge mate af van het opstellingsvlak van het instrument. Als eerste voorwaarde geldt, dat de theodoliet stevig en trillingvrij opgesteld staat, zodat aan het statief hoge eisen gesteld dienen te worden.

In de meest voorkomende uitvoering bestaat het statief uit drie houten poten, die scharnierend aan een metalen kop bevestigd zijn. De kop is een plat vlak, waarop de theodoliet met een schroef bevestigd kan worden. De scharnieren zijn bij de oudere constructies van klemschroeven met vleugelmoeren voorzien; de moderne statieven zijn dikwijls zelfklemmend. De kop is in het midden doorboord voor doorlating van een stang met veer en moer, die op een schroeftap van de theodoliet gedraaid kan worden. Door de stang tegen de druk van de veer aan te draaien, wordt het onderstel van de theodoliet op de vlakke kop van het statief vastgeklemd.

Een goed statief moet eenvoudig en solide van constructie zijn. Voorkeur verdienen de statieven, waarvan de poten uit één stuk bestaan en dus niet inschuifbaar zijn. Bij de moderne uitvoeringen zijn de poten aan de bovenzijde gevat in metalen schoenen, die met scharnieren aan de kop bevestigd zijn. De wrijving in de schoenscharnieren moet voor alle drie poten even groot zijn om spanningen in het opgestelde statief te voorkomen. Door uitdrogen van het hout kan het voorkomen dat de poten los in de schoenen gaan zitten. Om dit euvel te verhelpen zijn aan de schoenen klemschroeven aangebracht om een en ander bij te stellen. Ook zijn meestal klem-inrichtingen aanwezig om de wrijving in de scharnieren te regelen.

Bij het plaatsen van het statief zoekt men eerst een solide grond uit. Men spreidt de poten zodanig, dat na plaatsing de theodoliet op de gewenste hoogte staat. Zijn de poten van vleugelmoeren aan de scharnieren voorzien, dan zijn deze van te voren losgedraaid; anders zouden na de plaatsing ongewenste spanningen in het statief optreden. De metalen punten van de poten worden gelijktijdig op de grond geplaatst en geleidelijk aan vastgestampt. Men moet vermijden eerst twee poten in de grond te zetten en daarna de derde poot, waardoor eveneens spanningen in de poten kunnen optreden. Vervolgens worden de vleugelmoeren, zo deze aanwezig zijn, aangedraaid. Bij het plaatsen moet het bovenvlak van de kop zoveel mogelijk horizontaal staan, aangezien de drie stelschroeven aan de theodoliet voor de horizontering slechts een beperkte speelruimte hebben. Moet de theodoliet precies boven een bepaald punt opgesteld worden, dan dient met de plaatsing van het statief hiermede rekening gehouden te worden. De vlakke kop van het statief laat voor de centrering nog een speelruimte van enige centimeters toe.

Het verdient aanbeveling het statief evenals de theodoliet tegen directe zonbestraling zoveel mogelijk te beschutten.

De schroefstang, waarmee de theodoliet aan de kop van het statief is bevestigd, is meestal nog voorzien van een haakje, waaraan het schietlood voor de centrering gehangen kan worden. Ook is de stang wel hol en kan men hierin met een bajonet-sluiting de draad van het schietlood bevestigen. Neemt men het schietlood weg, dan geeft de holle schroefstang gelegenheid tot het gebruiken van de „optische loodlijn” van de theodoliet. Bij de beschrijving van de Wild T2 theodoliet zal hierop nader worden teruggekomen (par. 2.11.6.5).

*Met klem dient erop gewezen te worden, dat nimmer het statief met de theodoliet er reeds op bevestigd, geplaatst wordt. Ook na de waarnemingen moet eerst de theodoliet afgenomen worden. Nooit mag men het statief met de theodoliet er op bevestigd vervoeren.*

### 2.11.3 Fouten en regeling van de theodoliet

Men kan de fouten van een theodoliet onderscheiden in:

1. fouten, die in het geheel niet of alleen door de fabriek geregeld kunnen worden. In het eerste geval spreekt men van constructiefouten, in het tweede geval van instrumentale fouten;
2. fouten, die door de gebruiker geregeld kunnen worden.

#### 2.11.3.1 Fouten, die niet door de gebruiker geregeld kunnen worden

In deze categorie vallen:

- a. de fout in de randverdeling;
- b. de excentriciteitsfout;
- c. de 2e as staat niet loodrecht op de 1e as;
- d. de 1e as staat niet loodrecht op het vlak van de randverdeling (scheve 1e as).

a. *De fout in de randverdeling* ontstaat doordat de verdeelmachine, die voor het graveren van de randverdeling zorgt, technisch niet zo volmaakt kan zijn, dat er geen kleine fouten ontstaan. Deze fouten hebben over de 360° van de rand verdeeld een periodiek voorkomen en zullen voor een bepaald type van een bepaalde fabriek meestal hetzelfde karakter vertonen, aangezien alle randen op dezelfde verdeelmachine zijn gegraveerd. Wanneer men de fouten in de randverdeling bepaalt en deze fouten grafisch afzet, zal de foutenkromme een semi-circulair karakter hebben.

### § 2.11.3.1

Door de waarnemingen nu in minstens 4 op ongeveer gelijke afstanden van elkaar liggende randstanden te verrichten zal men deze fouten voor het grootste gedeelte elimineren.

Als algemene regel voor het benodigde aantal randstanden, waarin men meten moet om de randverdelingsfouten te elimineren, kan gelden:

met *moderne* theodolieten (type Zeiss, Wild, enz.) meet men in de 4 randstanden:  $0^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $90^\circ$  en  $135^\circ$ ;

met *oudere typen* theodolieten (met schaalmicroscop, e.d.) meet men in de 8 randstanden:  $0^\circ$ ,  $22^\circ,5$ ,  $45^\circ$ ,  $67^\circ,5$ ,  $90^\circ$ ,  $112^\circ,5$ ,  $135^\circ$  en  $157^\circ,5$ .

Door de aflezing aan beide uiteinden van de alhidade krijgt men automatisch ook de aflezingen bij de randstanden die  $180^\circ$  met bovenstaande randstanden verschillen. Hierdoor worden de randverdelingsfouten over de volle  $360^\circ$  van de rand in aanmerking genomen.

Het meten in verschillende randstanden kan alleen uitgevoerd worden bij de horizontale rand, aangezien de verticale rand niet verstelbaar is. Bovendien moet de theodoliet voor de randverstelling voorzien zijn van een repetitie-as of moet de theodoliet van het reïteratie-type zijn (rand direct verstelbaar).

Het meetschema voor de verschillende typen van theodolieten (par. 2.11.5.5) volgt na de behandeling van de overige fouten.

b. De *excentriciteitsfout* ontstaat doordat het middelpunt van de randverdeling niet samenvalt met de 1e as (horizontale rand) of met de 2e as (verticale rand).

Voor al bij de samengestelde assen van de repetitie-theodolieten is het technisch onmogelijk een en ander zuiver centrisch uit te voeren. Ook bij de vast t. o. v. 2e as staande verticale rand is een foutloze uitvoering niet mogelijk gebleken. Hierdoor zal altijd een excentriciteitsfout optreden, die kleiner zal zijn naarmate de precisie van de constructie groter is.

Bij de beschouwing van fig. 2.22 wordt verondersteld, dat beide indices van de alhidade zuiver diametraal tegenover elkaar staan hetgeen technisch ook niet uitvoerbaar is. De afwijking is meestal gering en de invloed t. o. v. de excentriciteitsfout is te verwaarlozen. In de figuur stelt A de draaiingsas voor, M is het middelpunt van de randverdeling; de excentriciteit AM wordt door

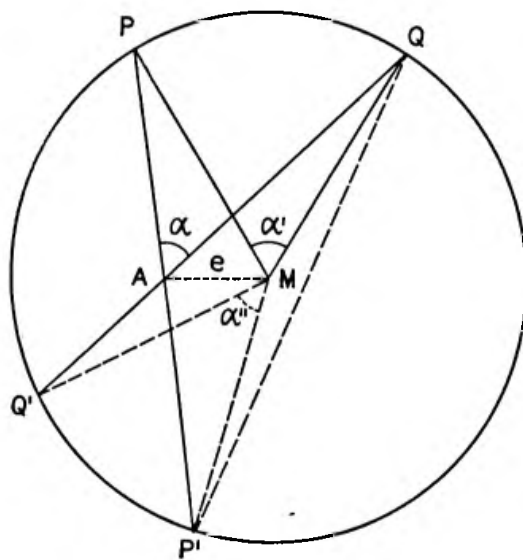


Fig. 2.22

e aangegeven. We richten eerst op punt P en daarna op Q. We meten dus de hoek  $PAQ = \alpha$ , doch lezen af  $PMQ = \alpha'$ .

Met de andere index van de alhidade lezen we ook de gemeten hoek af en vinden  $P'MQ' = \alpha''$ .

Uit de figuur blijkt:  $\alpha = \frac{1}{2}(\text{boog PQ} + \text{boog P'Q'})$ .

In driehoek AQP' is de buitenhoek  $\alpha = \angle AQP' + \angle AP'Q$ .

$\angle AQP'$  is de omtrekshoek op boog P'Q' =  $\frac{1}{2}$  middelpuntshoek Q'MP' =  $\frac{1}{2}\alpha''$ .

$\angle AP'Q$  is de omtrekshoek op boog PQ =  $\frac{1}{2}$  middelpuntshoek PMQ =  $\frac{1}{2}\alpha'$ , dus  $\alpha = \frac{1}{2}\alpha' + \frac{1}{2}\alpha'' = \frac{1}{2}(\alpha' + \alpha'')$ .

*Wanneer men dus de aflezingen aan beide einden van de alhidade middelt, verkrijgt men de werkelijk gemeten hoek met eliminatie van de excentriciteitsfout.*

Bij de moderne theodolieten met optische micrometers geschiedt het middelen automatisch in de afleesinrichting. (Zie beschrijving Wild T2 theodoliet, par. 2.11.6.3).

Behalve de eliminatie van de excentriciteitsfout heeft het aflezen van twee diametraal tegenover elkaar gelegen punten van de rand nog het volgende voordeel. De richtnauwkeurigheid van de kijker is altijd groter dan de afleesnauwkeurigheid van de verdeelde rand. Door bij één instelling van de kijker twee aflezingen te middelen, wordt de nauwkeurigheid van de waarneming dus verhoogd.

Bij een moderne theodoliet werd voor de waarde van  $e$  gevonden 0,007 mm. Bij een diameter van de rand van 9 cm is dan de maximum excentriciteitsfout  $\pm 30''$ . Hieruit ziet men dat deze fout zelfs bij modern uitgevoerde precisie-instrumenten niet te verwaarlozen is.

c. De 2e as staat niet loodrecht op de 1e as.

Verondersteld wordt, dat de vizierlijn loodrecht op de 2e as staat. Verder staat de 1e as zuiver verticaal, doch de 2e as maakt een hoek  $= 90^\circ - \alpha$  met de 1e as. Bij draaiing van de kijker om de 2e as beschrijft de vizierlijn dan een plat vlak dat wel loodrecht op de 2e as staat, doch niet verticaal is. In de figuren 2.23 t/m 2.25

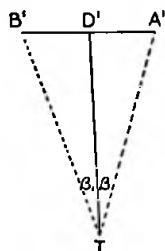


Fig. 2.23

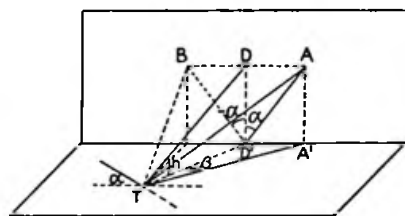


Fig. 2.24

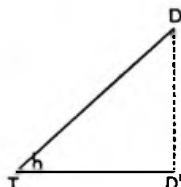


Fig. 2.25

is de situatie in drie projecties weergegeven. TA stelt de vizierlijn voor en TA', D'A en TD zijn de drie projecties ervan resp. in het horizontale vlak, het verticale vlak en het vlak loodrecht op voornoemde vlakken.

De hoek  $\beta$  is de projectie van de ontregelingsfout in het horizontale vlak en



geeft de fout in aflezing op de horizontale randverdeling aan. Deze fout wordt berekend uit:

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{D'A'}{TD'} = \frac{DA}{TD'} = \frac{DD' \operatorname{tg} \alpha}{TD'} = \operatorname{tg} \alpha \operatorname{tg} h$$

en daar  $\beta$  en  $\alpha$  klein zijn:  $\beta = \alpha \operatorname{tg} h$  ( $h$  = elevatie van de vizierlijn).

De fout ontstaan door een ontregeling van de 2e as t. o. v. de 1e as is dus evenredig met de tangens van de elevatie. Bij een elevatie van  $30^\circ$  is  $\beta = 0,58\alpha$ .

Bij herhaling van de meting met doorgeslagen kijker (vизierlijn TB), waarbij  $\alpha$  dus negatief is, wordt de fout:  $\beta_1 = -\alpha \operatorname{tg} h$ .

Het doorslaan van de kijker vindt plaats door de kijker  $180^\circ$  om de 2e as te draaien en daarna weer op hetzelfde punt te richten. Middelt men beide aflezingen, dan vallen  $\beta$  en  $\beta_1$  tegen elkaar weg.

*Om de fout ten gevolge van de ontregeling van de 2e as t. o. v. de 1e as te elimineren richt men op elk punt minstens eenmaal in de gewone en minstens eenmaal in de door-  
geslagen kijkerstand, waarbij de aflezingen in beide standen gemiddeld dienen te worden.*

d. De 1e as staat niet loodrecht op het vlak van de randverdeling.

Verondersteld wordt, dat het vlak van de randverdeling zuiver gehorizonteerd is, dus dat de richtlijn van het niveau evenwijdig is aan genoemd vlak. Verder dat de 2e as loodrecht op de 1e as en de vizierlijn loodrecht op de 2e as staat, doch

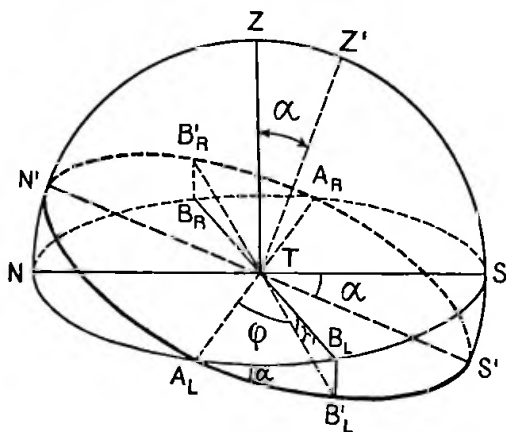


Fig. 2.26

dat de le as een hoek  $= \alpha$  maakt met de verticaal. In fig. 2.26 is verondersteld, dat eerst gericht wordt op een punt A, waarbij de 2e as wordt voorgesteld door  $A_R T A_L$ .

Dan is  $\alpha$  de zenithhoek van de 1e as gemeten in het vlak NZS, loodrecht op het verticaalvlak door  $A_L Z A_R$ . De helling van de 2e as is in deze stand  $0^\circ$ . Men denkt zich om het snijpunt T van 1e en 2e as een bol beschreven. TZ' stelt hierin de 1e as voor. Bij draaiing om deze as beschrijft de 2e as dan een vlak door  $N'A_R S'A_L$ .

Wanneer nu op een punt B gericht wordt, dan zal de  $2\epsilon_{as}(B'_L TB'_R)$  een hoek  $\gamma'$  met het horizontale vlak

maken. Hierbij is de 2e as over een hoek  $\varphi$  gedraaid.

Uit de boldriehoek  $A_L B_L B'_L$  (rechthoekig in  $B_L$ ) volgt nu:

$\sin B'_L B_L = \sin \alpha \sin \varphi$  of  $\sin \gamma' = \sin \alpha \sin \varphi$  en daar  $\gamma'$  en  $\alpha$  klein zijn:  $\gamma' = \alpha \sin \varphi$ .

I. v. m. de formule voor de scheve stand van de 2e as t. o. v. de 1e as ( $\beta = \alpha \operatorname{tg} h$ ) is, na substitutie van  $\alpha$  door  $\gamma'$ , voor de richting  $\varphi$  van de vizierlijn de fout  $\beta'$  door de invloed van de scheve stand van de 1e as:  $\beta' = \alpha \sin \varphi \operatorname{tg} h$ .

Uit de formule ziet men, dat de fout een sinusoidal verloop heeft met  $\varphi$  als veranderlijke. Verder is de fout evenredig met de tangens van de elevatie  $h$ .

Tevens blijkt, dat *eliminatie* van deze fout *niet mogelijk* is. Ook na het doorslaan van de kijker heeft de 2e as dezelfde helling  $\gamma'$  aangenomen, alleen zijn de uiteinden van de 2e as verwisseld.

### 2.11.3.2 Fouten, die door de gebruiker geregeld kunnen worden

Hieronder vallen de fouten veroorzaakt door:

- a. de 1e as staat door slecht horizonteren niet verticaal;
- b. het (de) niveau('s) is (zijn) ontregeld;
- c. de vizierlijn staat niet loodrecht op de 2e as;
- d. de 2e as staat niet loodrecht op 1e as (conform par. 2.11.3.1 sub c, doch is bij oudere instrumenten soms *wel* te regelen);
- e. het niveau van de alhidade van de verticale rand is ontregeld (alleen van invloed bij het meten van verticale hoeken).

#### a. De 1e as staat door slecht horizonteren niet verticaal.

De invloed van deze ontregeling is reeds beschreven in par. 2.11.3.1 sub d. Daar was evenwel de scheve stand van de 1e as een gevolg van een constructiefout, terwijl hier de fout ontstaat door slecht horizontaal stellen van het vlak van de randverdeling, waarbij dus aangenomen wordt, dat de 1e as wel zuiver verticaal op genoemd vlak staat. Zoals in par. 2.11.3.1 sub d reeds aangegeven werd, is eliminatie van deze fout door een bepaalde meetmethode niet mogelijk. *Hieruit volgt dat goed horizonteren van de theodoliet een gebiedende eis is.*

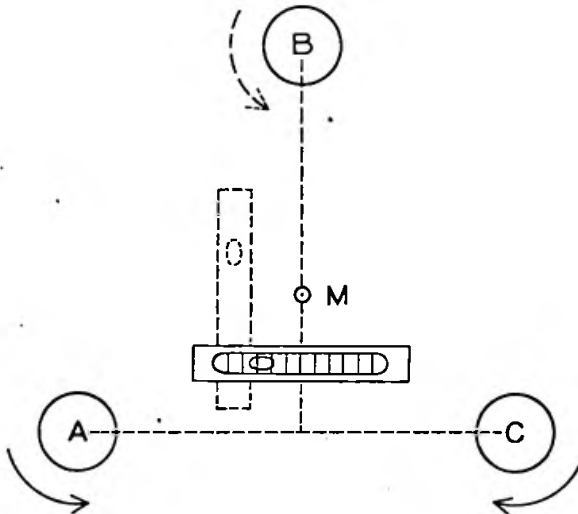


Fig. 2.27

Het horizonteren, in wezen dus het verticaal stellen van de 1e as, geschiedt als volgt: Meestal zijn op het draaibare bovenstel één of meerdere buisniveau's aangebracht. Nadat men met het doosniveau het instrument grof horizontaal gesteld

heeft, draait men het bovenstel zodanig dat het buisniveau evenwijdig is aan twee stelschroeven (zie fig. 2.27), b.v. aan de lijn A—C. Om de bel in deze stand in te doen spelen past men de *linkerduimregel* toe. Men neemt de knop van stelschroef A tussen duim en wijsvinger van de linkerhand en knop C tussen duim en wijsvinger van de rechterhand. Men draait beide knoppen tegen elkaar in of van elkaar, daarbij zorgende dat aan elke knop hetzelfde aantal omwentelingen gegeven wordt. De richting, waarin de *linkerduim* zich beweegt, geeft dan de richting aan, waarin de bel zich zal bewegen. B.v. bevindt de bel zich aan de linkerkant van de buis, dan draait men de linkerduim naar rechts en de rechterduim naar links tot de bel inspeelt. Daarna draait men het bovenstel  $90^\circ$ , zodat het buisniveau thans loodrecht op de lijn A—C staat. Nu wordt met de linkerhand knop B net zo lang gedraaid tot de bel in deze stand ingespeeld is.

De 1e as zal dan verticaal moeten staan (afgezien van de constructiefout genoemd in par. 2.11.3.1 sub *d* of van de ontregeling volgens par. 2.11.3.2 sub *b*), aangezien deze as verticaal staat op de richting A—C en verticaal op de richting hier weer loodrecht op, welke beide richtingen nu horizontaal gesteld zijn.

Ter controle draait men nu nog het bovenstel in tussengelegen standen, waarbij de bel moet blijven inspelen. Is dit niet het geval, dan moet de beschreven horizontering opnieuw uitgevoerd worden. Gelukt het wederom niet de luchtbel blijvend in te doen spelen, dan moet het niveau geregeld worden.

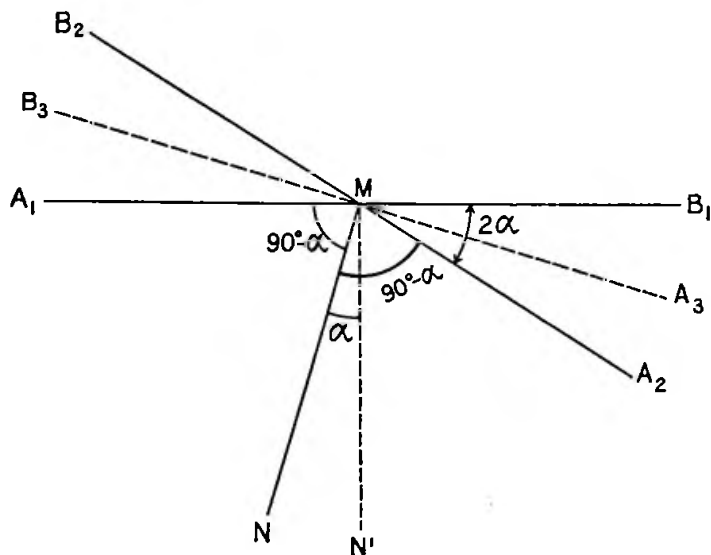


Fig. 2.28

*b. Het niveau is ontregeld*

In het vorige punt is beschreven hoe de ontregeling van een niveau kan blijken. De richtlijn van de bel van het niveau staat dan nl. niet loodrecht op de 1e as.

Heeft men de bel in een bepaalde stand laten inspelen, dan zal bij een ontregeld niveau het inspelen niet plaats vinden in een stand, die  $180^\circ$  met de eerste verschilt. Uit de fig. 2.28 blijkt het volgende. Speelt de bel in bij de stand  $A_1B_1$  en is het niveau over een hoek  $\alpha$  ontregeld, dan zal de 1e as, aangegeven door MN, een hoek  $90^\circ - \alpha$  met de richtlijn van de ingespeelde bel maken. Draait men nu het bovenstel van de theodoliet  $180^\circ$ , dan zal de hoek tussen richtlijn bel en 1e as gelijk aan  $90^\circ - \alpha$  blijven, zodat de richtlijn dan de stand  $B_2A_2$  inneemt, waardoor de bel niet meer inspeelt. Uit de figuur blijkt dat de verandering in helling van de richtlijn  $2\alpha$  bedraagt. De geconstateerde uitwijking van de bel geeft dus een bedrag  $2\alpha$  aan. Met de correctieschroef van het buisniveau draait men nu het niveau zo veel op (c.q. neer), dat de helft van het bedrag ( $= \alpha$ ) der afwijking weggenomen wordt. De richtlijn krijgt dan de stand  $B_3A_3$  en staat nu loodrecht op de 1e as MN. De andere helft van de afwijking neemt men weg met behulp van de stelschroeven van het onderstel van de theodoliet. De richtlijn van het niveau is dan weer horizontaal en tevens de 1e as verticaal gesteld (stand MN').

Meestal zal het niet mogelijk zijn deze regeling in één keer uit te voeren en moet deze handeling herhaald worden. Men kan dit uitvoeren in de stand van het buisniveau, die loodrecht staat op de stand, waarbij de eerste regeling verricht werd. Of men kan eerst alleen de bel laten inspelen met behulp van de stelschroef B volgens par. 2.11.3.2 sub a, dus in een stand loodrecht op de stelschroeven A en C en daarna de regeling in de stand A—C herhalen.

Is een doosniveau aanwezig, dan maakt men na de regeling van het buisniveau tevens van de gelegenheid gebruik om eerstgenoemd niveau zo nodig bij te stellen. Dit kan zeer eenvoudig geschieden door de drie stelschroefjes, die zich aan de doos bevinden.

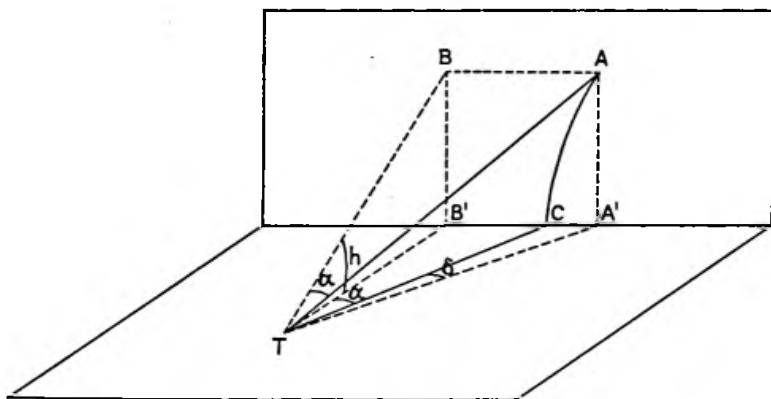


Fig. 2.29

c. De vizierlijn staat niet loodrecht op de 2e as (collimatiefout).

Verondersteld wordt, dat de vizierlijn een hoek  $90^\circ - \alpha$  met de 2e as maakt. Bij het draaien van de kijker om de 2e as beschrijft de vizierlijn dan om deze as een

kegeloppervlak. Heeft men het instrument verder goed geregeld, dan zal men bij het richten op de draad van een vrijhangend schietlood het snijpunt van de kruisdraden schijnbaar een hyperbool t. o. v. deze verticale draad zien beschrijven, wanneer men de kijker op en neer beweegt. De hyperbool is dan nl. de snijlijn van het kegeloppervlak met een denkbeeldig vlak, gebracht door het schietlood en evenwijdig aan de 2e as.

In fig. 2.29 stelt TA de vizierlijn voor onder een elevatie  $h$  en TC de vizierlijn in het horizontale vlak. AC is een deel van de kegelsnede en CA' het verschil tussen de beide horizontale projecties der vizierlijn. De fout, die in de horizontale projectie van de richting naar A zal ontstaan, doordat de vizierlijn een kegelmantel inplaats van een plat vlak beschrijft, is  $\delta$  genoemd en kan als volgt berekend worden:

$$\operatorname{tg}(\alpha + \delta) = \frac{B'A'}{TB'} = \frac{BA}{TB'} = \frac{TB \operatorname{tg} \alpha}{TB'} = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\cosh}$$

Aangezien  $\alpha$  en  $\delta$  kleine hoeken zijn, mag men schrijven:

$$\alpha + \delta = \frac{\alpha}{\cosh} \text{ of } \delta = \frac{\alpha}{\cosh} - \alpha$$

$$\delta = \alpha \cdot \frac{1 - \cosh}{\cosh} = \alpha \cdot \frac{2 \sin^2 \frac{1}{2} h \operatorname{tgh}}{\sin h}$$

$$\delta = \alpha \operatorname{tg} h \operatorname{tg} \frac{1}{2} h$$

Bij een elevatie  $h = 30^\circ$  kan  $\delta$  dan maximum  $0,15\alpha$  zijn.

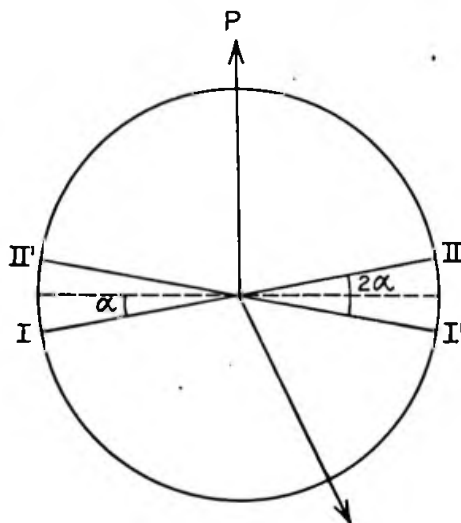


Fig. 2.30

Om deze fout te elimineren kan men de meting herhalen met *doorgeslagen* kijker, waardoor  $\alpha$  het tegengestelde teken krijgt en  $\delta = -\alpha \operatorname{tgh} \operatorname{tg} \frac{1}{2} h$ . Door in de beide kijkerstanden de aflezingen te middelen is  $\delta$  dan geëlimineerd.

Bij enkele moderne constructies als de Zeiss II theodoliet is de regeling van de vizierlijn niet meer mogelijk. Een grove ontregeling zal bij deze instrumenten praktisch nooit voorkomen.

Bij de instrumenten, waar een regeling nog wel mogelijk is, geschiedt dit op de volgende wijze (zie fig. 2.30). Men richt de kijker op een scherp en ver afgelegen punt P. Men noteert de aflezingen aan beide einden van de alhidade, resp. I en II. Daarna slaat men de kijker door, richt de kijker weer op P en leest af I' en II'. De aflezing I' zal dan  $180^\circ + 2\alpha$  van I ver-

schillen. Met de fijnbeweging draait men de kijker tot de aflezing van I' een bedrag  $-\alpha$  gewijzigd is. Met de correctie-inrichting voor de kruisdraden wordt nu de verticale draad op het punt P gebracht. De regeling wordt eventueel op een ander

punt herhaald, totdat  $\alpha$  een aanvaardbaar bedrag heeft, b.v.  $10''$ . Voor de regeling van de collimatiefout van een moderne theodoliet met automatische middeling van beide aflezingen wordt verwezen naar de beschrijving van de Wild T2 theodoliet (par. 2.11.6.7 sub d).

*d. De 2e as is t. o. v. de 1e as ontregeld.*

De fout, die ontstaat door een niet-loodrechte stand van de 2e as t. o. v. de 1e as, is reeds behandeld in par. 2.11.3.1 sub c. Aangezien het bij enkele, meest oudere, constructies wel mogelijk is de regeling van de as uit te voeren, zal een en ander hier behandeld worden (zie fig. 2.31).

Men stelt de theodoliet enige meters voor een muur op. Men meet de hoogte van de 2e as boven de grond op en markeert op de muur een punt P op  $2 \times$  deze hoogte. Langs de muur op de grond legt men een verdeelde lat. Men richt op het punt P, draait de kijker om de 2e as naar beneden en leest in de kijker een bedrag  $a$  op de lat af. De kijker wordt nu doorgeslagen, waarbij de 2e as dan de stand  $A_2S_2$  inneemt. Verder draait men de kijker precies  $180^\circ$  om de 1e as en richt weer op de muur ter hoogte van het punt P; het snijpunt van de kruisdraden is dan op een punt gericht, dat we zullen aanduiden met P'. De kijker wordt om de 1e as gedraaid tot men op P gericht is. Met vastgeklemden 1e as wordt de kijker nu weer om de 2e as naar beneden gedraaid, waarna op de lat een bedrag  $b$  afgelezen wordt. Het bedrag van de ontregeling  $\varepsilon$  is dan af te leiden uit:

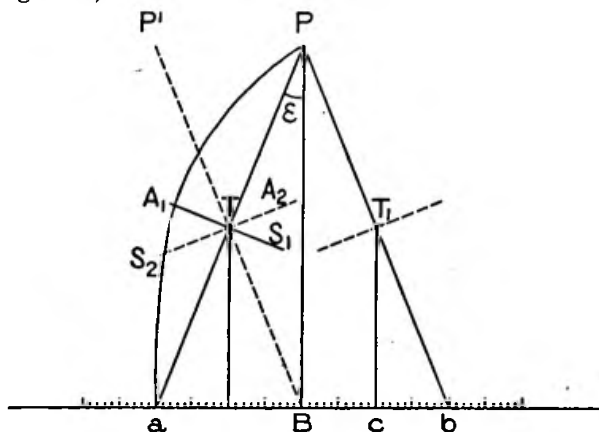


Fig. 2.31

$$\operatorname{tg} \varepsilon = \frac{\frac{1}{2} \text{afst. } ab}{h},$$

waarin  $h$  = de verticale afstand tussen P en lat.

In de figuur is PB de richting van de 1e as. De lijn  $T_1c$  stelt dan voor de snijlijn van het viziervlak met de muur na de correctie. Het viziervlak is hierbij evenwijdig aan PB.

Met de correctie-inrichting voor de 2e as moet men deze as zodanig verstellen, dat de richtlijn op c komt; c ligt op de verdeelde lat op  $\frac{1}{4}ab$  van b af, omdat P tweemaal zo hoog is als T.

Was bij deze regeling de 1e as niet zuiver verticaal gesteld, doch b.v. onder een helling  $90^\circ - \alpha$ , dan zouden de lijn PB en de lat een hoek van  $90^\circ - \alpha$  met elkaar maken. Wanneer evenwel  $\alpha$  niet al te groot is, blijft cb bij benadering  $\frac{1}{4}ab$ . Een kleine afwijking van de 1e as uit de verticaal is dus hier niet van belang.

Ook een kleine ontregeling van de vizierlijn t. o. v. de 2e as is niet van invloed, wanneer men P op tweemaal de hoogte van de 2e as neemt. Bij een ontregelde

### § 2.11.3.2

vizierlijn zou de parabool Pa beschreven worden. Men ziet in de figuur dat men dan toch dezelfde aflezing a verkrijgt.

e. In par. 2.11.2.3 met de fig. 2.19 is reeds aangegeven hoe een *ontregeld niveau van de verticale alhidade* een indexfout kan geven bij de aflezing van de verticale rand.

Het regelen voor deze indexfout komt nu hierop neer, dat de richtlijn van het niveau evenwijdig moet zijn aan de lijn, die beide indices van de verticale alhidade verbindt. De regeling van dit buisniveau is mogelijk door stelschroeven van de correctie-inrichting van het niveau.

Men richt op een punt P, dat een zekere hoogte heeft, b.v. op een torenspits. Men kiest de afstand tot het richtpunt niet al te groot om de kijker nog een flinke helling te kunnen geven. Stel dat deze helling gelijk aan  $h$  is. In de kijkerstand, b.v. RL (d. i. de stand waarbij de verticale rand zich links van het oculair bevindt), leest men de verticale rand af bij index I, vanaf  $0^\circ$  rechtsomgaand tot I. Daarna wordt de kijker doorgeslagen en  $180^\circ$  om de le as gedraaid tot men weer op P gericht is.

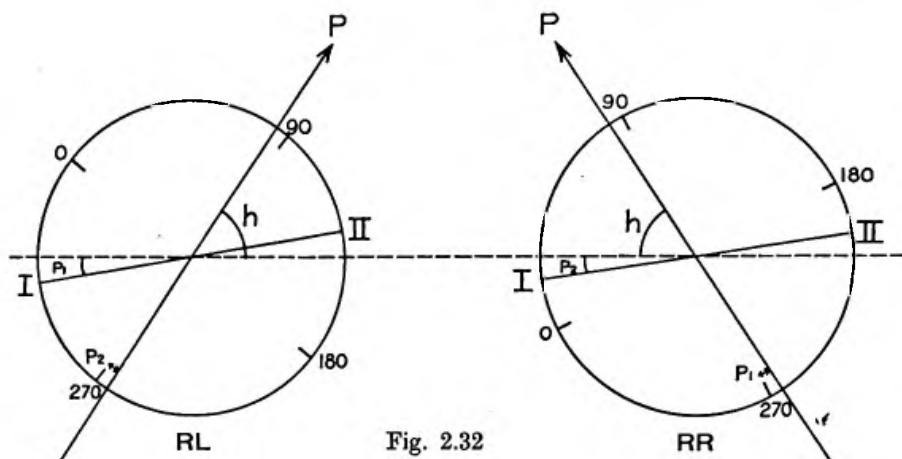


Fig. 2.32

Men heeft nu de kijkerstand RR (verticale rand rechts van het oculair). De verticale rand wordt weer bij index I afgelezen. Men krijgt voor beide aflezingen b.v. (zie fig. 2.32):

$$RL : 270^\circ + h - (p_1 + p_2) \text{ aflezing I : } 302^\circ - 14' - 36''$$

$$RR : 90^\circ - h - (p_1 + p_2) \text{ aflezing I : } 57^\circ - 17' - 18''$$

$$\begin{array}{r} 360^\circ \quad - 2p \\ \hline = 359^\circ - 31' - 54'' \end{array} +$$

$$\text{Dus } 2p = 28' - 06'' \text{ en } p = p_1 + p_2 = 14' - 03''.$$

De *indexfout*  $p = 14' - 03''$  wordt bij de laatste aflezing van index I opgeteld en dit bedrag met de *microschroef van de alhidade* op de verticale rand ingesteld (de kijker blijft dus op het doel gericht!). Hierdoor zal de bel van het niveau van de verticale alhidade, die eerst ingespeeld was, dit thans niet meer zijn. Met behulp van stelschroeven laat men de bel nu weer inspelen.

Men herhaalt nu deze bewerking tot een aanvaardbare indexfout overblijft, b.v. van de grootte van  $10''$ . Het zal meestal wel niet mogelijk zijn de fout geheel weg te werken. Door evenwel in beide kijkerstanden te meten (RL en RR) elimineert men een eventuele restfout (in bovenstaande berekening is  $RL - RR = 180^\circ + 2h$ ).

*Bij de meting van verticale hoeken dient dus steeds elke waarneming in beide kijkerstanden plaats te hebben.*

Men zou hieruit de conclusie kunnen trekken, dat een grotere indexfout ook nog aanvaardbaar is. Toch dient men deze fout zo klein mogelijk te maken. Dit is vooral van belang bij astronomische waarnemingen, waar b.v. de refractie voor de gemeten hoogte dan direct bepaald kan worden. Verder vergemakkelijkt een kleine indexfout het opvangen van sterren in het kijkerveld als men de kijker op een van te voren berekende hoogte heeft ingesteld.

### 2.11.3.3 Overzicht van de meetmethoden ter eliminatie van de fouten

| <i>Meetmethode:</i>                                                            | <i>Elimineert:</i>                                                                                                                                                                                    |
|--------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Middelen der aflezingen van beide indices van de alhidade.                  | 1. Excentriciteitsfout.                                                                                                                                                                               |
| 2. Doorslaan van de kijker en middelen van de metingen in beide kijkerstanden. | 2a. Fout tengevolge van het niet loodrecht staan van vizierlijn t.o.v. 2e as.<br>2b. Fout tengevolge van het niet loodrecht staan van 2e as t.o.v. 1e as.<br>2c. Indexfout van de verticale alhidade. |
| 3. Richten op hetzelfde punt in verschillende randstanden.                     | 3. Fout in de randverdeling (alleen mogelijk bij de horizontale rand).                                                                                                                                |

*Een fout tengevolge van een scheve stand van de 1e as is door geen enkele meetmethode te elimineren.*

## 2.11.4 Het meten met een theodoliet

Aangetoond is dat bijna alle fouten door een bepaalde meetwijze zijn te elimineren, doch dat een fout tengevolge van een afwijking van de 1e as uit de verticaal door geen enkele meetmethode te niet gedaan kan worden. Daarom dient aan de opstelling van de theodoliet bijzondere aandacht besteed te worden.

### 2.11.4.1 De centrering

Het instrument dient zorgvuldig gecentreerd te worden, d.w.z. dat de 1e as samenvalt met de verticaal van het punt (centrum), waaruit men wil meten. Om deze centrering nauwkeurig uit te kunnen voeren, kan men aan de theodoliet in het verlengde van de 1e as een schietlood ophangen. Sommige moderne instrumenten zijn ook wel van een optische loodlijn voorzien (zie par. 2.11.6.3 en 2.11.6.7 sub c.).

Het is dikwijls niet mogelijk het instrument precies centrisch op te stellen. In dit geval moet men *excentrisch* meten. Het is dan nodig dat men nauwkeurig de afstand tussen 1e as en centrum opmeet, waarbij tevens de richting gemeten wordt van het centrum t.o.v. het punt waarop men meet. De richting dient bij verschillende randstanden bepaald te worden, terwijl de afstand — eveneens voor controle op



eigen werk — op twee verschillende wijzen bepaald moet worden. In het meetboekje moet bij deze buitenbaaks- of excentriciteitsgegevens een duidelijke situatieschets gevoegd worden.

#### 2.11.4.2 *De horizontering*

Het verticaal stellen van de le as werd reeds in par. 2.11.3.2 sub a behandeld. Men dient er verzekerd van te zijn, dat na een goede horizontering in de stand van de le as tijdens de waarnemingen geen verandering komt, b.v. door verzakking van het statief in een drassige bodem. Men dient daarom in de eerste plaats te beschikken over een goed statief en in de tweede plaats moet men het opstellingsvlak zorgvuldig uitkiezen. Dat men eventueel hierdoor niet centrisch kan meten, mag geen bezwaar vormen. Vermeden moet worden het statief in los zand, drassige grond, op tegels of nabij een druk bereden weg te plaatsen. Het lopen in de nabijheid van het opgestelde instrument moet zo min mogelijk geschieden; het statief na de horizontering liefst niet meer aanraken. De aan de theodoliet te verrichten manipulaties bij het meten moeten zo „luchtig” mogelijk plaats hebben.

Blijkt tijdens de metingen de bel van het niveau niet meer in te spelen, dan mag het bijstellen nimmer tijdens de serie geschieden. Men meet de serie eerst af of verwerpt deze en begint de theodoliet opnieuw te horizonteren.

Alle invloeden, die voor de regeling van het instrument nadelig kunnen zijn, zoals felle zonbestraling, harde wind enz., moeten vermeden worden. Zo nodig meet men onder een parasol. Ook het statief dient beschut te worden tegen directe zonneschijn. Ongelijkmatige verwarming van het instrument en de opstelling kunnen aanleiding geven tot z.g. *pijlerdraaiing*. Dit komt veel voor bij het meten op ijzeren torens, wanneer deze aan temperatuurswisseling blootstaan. Het instrument wordt dan in zijn geheel om de le as gedraaid. De hierdoor ontstane fout kan men enigszins elimineren door regelmatig en vlot te meten, dus door in gelijk tempo op de verschillende punten te richten.

In een dubbelserie (d. i. één keer rechtsom en één keer linksom meten) zal — vooropgesteld dat de draaiing regelmatig verloopt — de invloed van de pijlerdraaiing in de gemiddelde richting worden opgeheven. Ook om deze reden verdient het aanbeveling niet te veel punten in een rondmeting op te nemen. Is de pijlerdraaiing te hinderlijk, dan gaat men over tot hoekmeting, dus in feite het meten van series van twee richtingen.

Het maximum aantal punten dat men in de rondmeting wil opnemen, zal bij voorkeur niet meer dan zeven bedragen. Moet men b.v. op 10 punten A t/m J richten, dan splitst men de waarnemingen in twee series, b.v. A t/m F in de eerste serie en F t/m J in de tweede serie. *Beide series moeten minstens één punt gemeen hebben.*

#### 2.11.4.3 *De scherpstelling van de kijker*

Het scherpstellen van de kijker werd reeds behandeld in par. 2.11.2.1. Ook hieraan moet zeer veel aandacht besteed worden, waarbij de controle op parallax niet vergeten moet worden. Tijdens een serie moet bij voorkeur aan de scherpstelling van de kijker niets veranderd worden. Is een ingrijpende verandering van de scherpstelling niet te vermijden, dan splitst men de serie en maakt combinaties van punten, die op ongeveer gelijke afstanden liggen.

#### 2.11.4.4 *Tijdstip van de metingen*

Voor nauwkeurige metingen is het gewenst een tijdstip uit te zoeken, waarop de lucht het rustigst is. Dit is meestal in de namiddag in de periode tussen het einde van de dagondulatie en het optreden van avondondulatie. Ook in de morgenuren is zo'n periode aanwezig, doch meestal slechts van korte duur.

#### 2.11.4.5 *Helderheid van de afleesinrichtingen*

Bij de opstelling van de theodoliet houde men rekening met de meest gunstige verlichting van de afleesinrichtingen. Voor nauwkeurige waarnemingen is een constante verlichting van de verdeelde randen en afleesmerken van zeer veel belang. Vermeden moet dan ook worden om tijdens de serie aan de intensiteit van de verlichting iets te veranderen.

### 2.11.5 *De verschillende meetmethoden bij meten in het horizontale vlak*

Onderscheid dient gemaakt te worden in:

1. de rondmeting en
2. het meten van hoeken.

#### 2.11.5.1 *De rondmeting*

Wanneer men tussen veel punten de hoeken moet bepalen, levert de rondmeting wel de snelste werkwijze op. Men kiest één der punten (niet te dichtbij, doch duidelijk in de kijker te zien) als beginpunt, richt de kijker hierop, stelt de rand op 0° en leest af. Vervolgens wordt de kijker rechtsomgaande op de overige punten gericht, waarbij de aflezingen genoteerd worden. Door de richtingen bij de diverse punten behorende van elkaar af te trekken verkrijgt men de hoeken tussen de punten. Met al of niet doorgeslagen kijker en/of verstelde rand stelt men opnieuw op het laatste punt in en richt nu linksomgaande op de andere punten tot men weer bij het punt van uitgang is gekomen. Men heeft dan één dubbelserie gemeten.

Bij een rondmeting voor snijdingen op landhoeken e. d., waarbij slechts in één randstand en één kijkerstand wordt gemeten, moet steeds de laatste meting wederom zijn op het punt van uitgang. Eerste en laatste aflezing dienen dan gelijk te zijn, wil men zekerheid hebben dat het instrument gedurende de meting niet ontsteld is. Bij metingen in verschillende rand- en/of kijkerstanden zorg men voor een soortgelijke controle, teneinde zich niet voor onaangename verrassingen geplaatst te zien na terugkeer aan boord.

#### 2.11.5.2 *Het meten van hoeken*

Deze methode is veel omslachtiger indien men meerdere hoeken heeft te bepalen, doch in bepaalde gevallen, zoals bij hinderlijke pijlerdraaiing moet men hiertoe overgaan. In feite verricht men dezelfde handelingen als bij het rondmeten, doch nu worden telkens niet meer dan 2 richtingen in een serie opgenomen. Moet men b.v. in P de hoeken APB, BPC, enz. meten, dan worden in één serie alleen de punt A en B opgenomen, vervolgens in een volgende serie de punten B en C, enz.

### 2.11.5.3 *Herhaling van de meting*

Met één instelling op een punt mag nimmer volstaan worden. Behalve voor de eliminatie van de diverse behandelde fouten, waarvoor men beide alhidade-indices afleest, in beide kijkerstanden en in verschillende randstanden meet, heeft een herhaling van de meting ook nog de volgende voordelen:

- a. een groter aantal waarnemingen, waardoor het gemiddelde nauwkeuriger is dan de enkele meting;
- b. een contrôle op eventuele vergissingen in de aflezing, op het ontregeld geraken van het instrument tijdens de metingen, enz. Vooral het meten in verschillende randstanden geeft een goede waarborg tegen vergissingen in de aflezing.

### 2.11.5.4 *Aantal metingen*

Het benodigde aantal metingen staat in nauw verband met de richt- en aflees-nauwkeurigheid van het instrument. Om een middelbare fout in de *vereffende richting* te verkrijgen van  $\pm 2''$  moet men bij:

*oudere* theodolieten (schaalmicroscop) op elke richting  $8 \times$  *instellen* ( $4 \times$  in de ene en  $4 \times$  in de andere kijkerstand);

*moderne* theodolieten (coïncidentie- of symmetrieaflezing)  $4 \times$  *instellen* ( $2 \times$  in de ene en  $2 \times$  in de andere kijkerstand).

N.B. Het verdient aanbeveling de beide kijkerstanden niet aan te duiden met „Kijker Gewoon” en „Kijker Door” (resp. KG en KD), aangezien het bij de moderne theodolieten dikwijls lastig is op het oog te zien of de kijker zich in de „gewone” of in de „doorgeslagen” stand bevindt. Men gebruike daarom de aanduidingen:

*RL* (d.i. verticale verdeelde *Rand Links* van het oculair) en

*RR* (d.i. verticale verdeelde *Rand Rechts* van het oculair).

### 2.11.5.5 *Rondmeting volgens de reïteratie-methode van Bessel*

Bij het rondmeten van richtingen is deze methode zeer aan te bevelen. Men bepaalt een uitgangspunt en verricht hierop de eerste instelling, bij voorkeur in randstand  $0^\circ$ . Daarna wordt achtereenvolgens van links naar rechts gaande op de andere punten gericht. Na het richten op het laatste punt wijzigt men de randstand zonder de kijker nog door te slaan. Men richt opnieuw op het laatste punt en vervolgens weer op de andere punten gaande van rechts naar links. Na wederom ingesteld te hebben op het eerste punt heeft men een dubbelserie gemeten. De randstand wordt nu weer gewijzigd en tevens de kijker doorgeslagen. Men vangt nu de tweede dubbelserie aan, enz.

De hoek, waarover de horizontale rand versteld moet worden, geeft men een waarde van  $180^\circ : s$ , waarin  $s$  het aantal enkelseries is, waaruit de volledige waarneming bestaat. Zoals reeds eerder aangegeven is, heeft  $s$  bij moderne theodolieten een waarde van 4 en bij oudere instrumenten een waarde van 8. Hieronder volgen de meetschema's voor beide typen theodolieten:

*Moderne theodoliet* ( $s = 4$ , randverstelling  $180^\circ : 4 = 45^\circ$ ):

| Serie:         | Kijkerstand: | Randstand:          |                       |
|----------------|--------------|---------------------|-----------------------|
| 1e dubbelserie | RL           | Heengang $0^\circ$  | Teruggang $45^\circ$  |
| 2e dubbelserie | RR           | Heengang $90^\circ$ | Teruggang $135^\circ$ |

*Theodoliet met schaalmicroscop* ( $s = 8$ , randverstelling  $180^\circ : 8 = 22^\circ,5$ ):

| Serie:         | Kijkerstand: | Randstand:           |                         |
|----------------|--------------|----------------------|-------------------------|
| 1e dubbelserie | RL           | Heengang $0^\circ$   | Teruggang $22^\circ,5$  |
| 2e dubbelserie | RL           | Heengang $45^\circ$  | Teruggang $67^\circ,5$  |
| 3e dubbelserie | RR           | Heengang $90^\circ$  | Teruggang $112^\circ,5$ |
| 4e dubbelserie | RR           | Heengang $135^\circ$ | Teruggang $157^\circ,5$ |

#### 2.11.5.6 *Het meten van verticale hoeken*

Het meten in verschillende randstanden is hierbij niet mogelijk, aangezien de verticale rand niet verstelbaar is. Wel kan in beide kijkerstanden gemeten worden, hetgeen nodig is voor de eliminatie van de indexfout van de verticale alhidade.

Het meetschema komt in principe hierop neer:

|              |            |                  |
|--------------|------------|------------------|
| Kijkerstand: | RL punt I  | } 1 dubbelserie. |
|              | RL punt II |                  |
|              | RR punt II |                  |
|              | RR punt I  |                  |

Bij astronomische waarnemingen, met uitzondering van azimuthbepalingen, zal in een enkelserie meestal maar op 1 punt gemeten worden. Men meet dan de zenithafstand of de hoogte t.o.v. de horizontaal gestelde index van de verticale alhidade. Van belang is dat van te voren de indexfout zo goed mogelijk is weggenomen. *Na de meting doch vóór de aflezing moet de bel van het verticale alhidade-niveau nauwkeurig tot inspelings gebracht worden.*

Het benodigde aantal metingen en de inrichting van het meetschema hangt geheel af van de aard der te verrichten waarnemingen. Hiervoor wordt verwezen naar „Hydrografische Becijferingen 1950”. (Uitgave Ministerie van Marine, Afd. Hydrografie; niet in de handel).

#### 2.11.5.7 *Gebruik van de theodoliet als waterpasinstrument*

Voor hydrografische doeleinden, zoals het overbrengen van een bepaald merk op een peilschaal naar een vast punt op de wal, is de theodoliet, mits voorzien van een verticale rand, zeer goed te gebruiken als waterpasinstrument. Met het volgende voorbeeld zij dit toegelicht. Stel dat men in fig. 2.33 het middenstandsvlak, op een peilschaal aangegeven door 214 cm, overbrengen wil naar de bovenkant van een

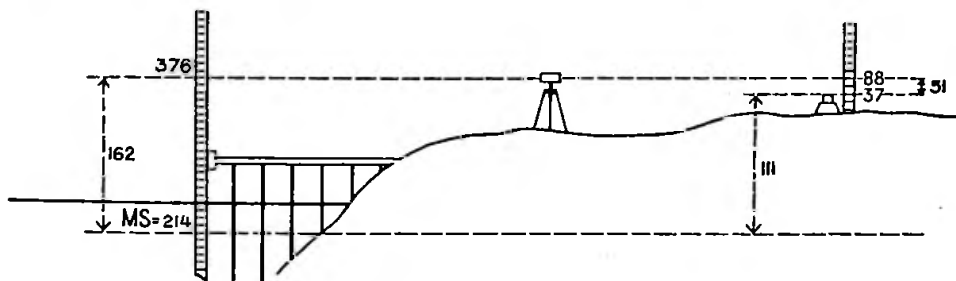


Fig. 2.33

triangulatiepilaar. Men stelt de theodoliet zo goed mogelijk gehorizonteerd op in de verbindingslijn peilschaal—pilaar, de kijker in horizontale stand op de peilschaal gericht. De indexfout van de verticale alhidade wordt zo veel mogelijk weggelaten. Men laat de bel van het verticale alhidade-niveau inspelen en stelt de kijker met de haarschroef zodanig in dat op de verticale rand precies  $0^\circ$  (of  $90^\circ$ ) wordt afgelezen. Wanneer geen indexfout aanwezig is, moet de vizierlijn van de kijker dan zuiver horizontaal zijn. Men leest nu in de kijker de verdeling op de peilschaal af, waar deze door de horizontale lijn van het meetkruis gesneden wordt. Men vindt een bedrag van 376 cm. Vervolgens wordt de kijker in het horizontale vlak gedraaid en gericht op een maatlat, die zo dicht mogelijk bij de pilaar geplaatst is. Men leest af op de horizontale lijn van het meetkruis: 88 cm. De hoogte van de bovenkant van de pilaar is volgens de lat 37 cm. Het middenstandsvlak ligt dan  $(376 - 214) - (88 - 37) = 162 - 51 = 111$  cm onder de bovenkant van de pilaar. Ter eliminatie van de indexfout wordt dezelfde handeling met doorgeslagen kijker herhaald. De uitkomsten worden gemiddeld. Het spreekt vanzelf dat peilschaal en maatlat bij de waarnemingen zuiver verticaal gesteld moeten zijn. Wanneer het hoogteverschil tussen de onderling te vergelijken punten te groot is, zal het waterpassen in verschillende trappen moeten plaats vinden (fig. 2.34).

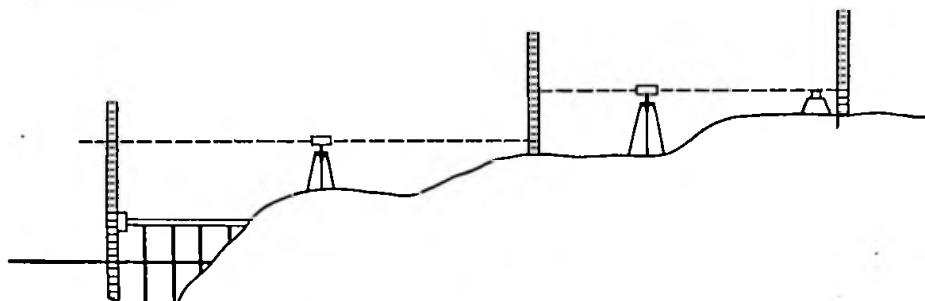


Fig. 2.34

### 2.11.6 Beschrijving van de Wild T2 theodoliet

De Wild T2 theodoliet is het bij de Hydrografische Dienst van de Koninklijke Marine ingevoerde standaard-instrument. Dit type paart een vrij grote nauwkeurigheid aan kleine afmetingen en een gering gewicht. Voor de bij de hydrografie voorkomende triangulatie is de nauwkeurigheid alleszins voldoende. In de praktijk is gebleken, dat bij de normale meetmethode van 2 dubbelseries door middelmatig geoefende waarnemers en onder normale omstandigheden gemakkelijk een middelbare fout in de enkele richting van  $3-4''$  en in de gemiddelde richting van  $1-2''$  verkregen kan worden.

Verder heeft het instrument voor het werken in tropische en vochtige klimaten het niet te onderschatten voordeel, dat alle vitale delen, als verdeelde randen, elektrische leidingen, enz. volkomen van de buitenlucht zijn afgesloten.

Doordat de verticale rand vrijwel dezelfde afleesnauwkeurigheid heeft als de horizontale rand, kan de theodoliet als universeel-instrument aangemerkt worden. Door bijlevering van een astrolabium-prisma is het toestel eveneens geschikt voor het uitvoeren van de simultane lengte- en breedtebepaling volgens de methode Gauss.

In de fig. 2.35 en 2.36 (zie ook fig. 2.46) is een algemeen overzicht van de theodoliet weergegeven.

De hoofdonderdelen zijn:

1. Objectief van de kijker (voorste lenzenstelsel).
2. Regelingsknop voor de verlichting van het meetkruis.
3. Regelingsknop van de optische micrometer.
4. Stelring voor de scherpstelling van de kijker.
5. Schakelknop voor aflezing horizontale- of verticale rand (de in fig. 2.35 aangegeven stand is voor aflezing van de verticale rand).
6. Oculair afleesmicroscop.
7. Oculair kijker.
8. Buisniveau.
9. Microschroef voor de horizontale beweging.
10. Doosniveau.
11. Oculair optische loodlijn.
12. Stelschroef (één van de drie) voor het horizonteren.
13. Spiegel voor de verlichting van de horizontale rand.
14. Reflector voor het verticale alhidade-niveau.
15. Microschroef voor de beweging in het verticale vlak.
16. Draaibaar prisma voor de aflezing van het verticale alhidade-niveau.
17. Klemschroef voor de 2e as.
18. Spiegel voor de verlichting van de verticale rand.
19. Stervormige grondplaat.
20. Stervormige verende borgplaat.
21. Niveau van de verticale alhidade.
22. Microschroef van de verticale alhidade (fig. 2.46).

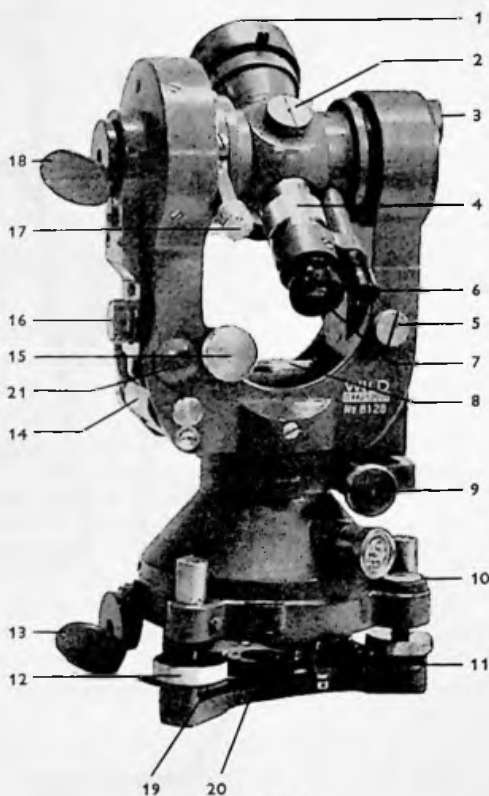


Fig. 2.35

Hieronder volgen enige constructiegegevens:

|                                            |          |        |
|--------------------------------------------|----------|--------|
| Horizontale verdeelde rand uit glas        | diameter | 90 mm  |
| Verticale verdeelde rand uit glas          | diameter | 70 mm  |
| Interval verdeling van beide randen        |          | 20'    |
| Interval verdeling van optische micrometer |          | 1"     |
| Diameter objectief                         |          | 40 mm  |
| Lengte kijker                              |          | 145 mm |
| Vergroting kijker                          |          | 28 ×   |

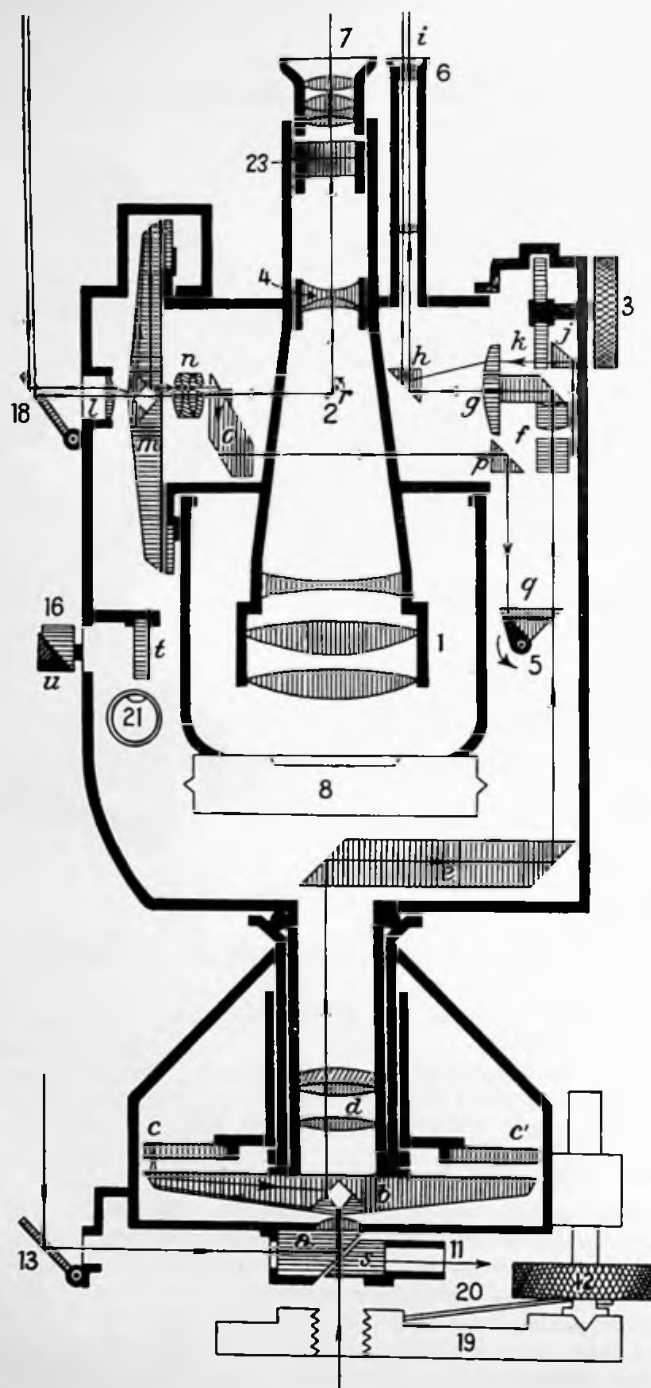


Fig. 2.36

|                                                          |        |
|----------------------------------------------------------|--------|
| Vermenigvuldigingsfactor afstandstrepen (in glas geëtst) | 100    |
| Hoekwaarde niveau verticale alhidade . . . . .           | 20''   |
| Hoekwaarde buisniveau van de horizontering . . . . .     | 30''   |
| Gewicht theodoliet. . . . .                              | 5,5 kg |
| Gewicht stalen stomp m/bodem . . . . .                   | 2,5 kg |
| Gewicht statief . . . . .                                | ± 6 kg |

### 2.11.6.1 *De kijker* (fig. 2.35 en 2.36)

De kijker is van het astronomische type (omgekeerd beeld), doch door de constructeur zijn enige verbeteringen aangebracht. Het objectief is samengesteld uit een lenzenstelsel van het z.g. tele-type en bestaat uit een positief lenzensysteem (1) en een negatieve lens (4), de z.g. centrale instellens. Deze constructie heeft het voordeel, dat men bij een redelijke vergroting ( $28\times$ ) de uitvoering van de kijkerbuis kort kan houden (145 mm). De instellens is in een schroefvatting in de kijkerbuis aangebracht; door het draaien van de stelring (4) wordt de negatieve lens in de langsrichting van de kijkeras naar voren of achteren bewogen, waardoor men beeldvlak en vlak van meetkruis kan doen samenvallen. De in- en uitschuifbare oculairbuis komt dus te vervallen en hierdoor kan de kijker geheel stofdicht worden uitgevoerd. Het oculair is van een dioptrieën-instelling voorzien. Het meetkruis („draden"-kruis) (23) is in glas geëtst en van horizontale en verticale afstanddeeltrepen voorzien. Eén helft van de verticale streep van het meetkruis bestaat uit een enkele lijn, de andere helft uit een dubbele lijn.

Vóór de centrale instellens bevindt zich in de kijkerbuis nog een draaibaar spiegeltje (2), waarmee men, wanneer het elektrische lamphoudertje in plaats van de spiegel (18) is aangebracht, de sterkte van de belichting van het meetkruis kan regelen. Dit is van zeer veel belang bij het meten op lichtzwakke sterren.

De korte constructie van de kijker maakt het mogelijk deze in beide richtingen door te slaan.

Bijgeleverd worden twee prisma-ocularen, één voor het oculair van de kijker en één voor het afleesoculair, waardoor men onder hoge elevatie van de kijker (tot  $90^\circ$ ) kan meten en aflezen.

### 2.11.6.2 *De assen* (fig. 2.37 en 2.38)

De 1e of verticale as is enkelvoudig uitgevoerd (fig. 2.37). De nadelen van een conische as zijn reeds eerder besproken (par. 2.11.2.2). Bij de Wild T2 theodoliet is men hier dan ook van afgestapt. Door de toepassing van moderne fabricagemethoden en door het gebruik van uitstekende staalsoorten is men er in geslaagd een lichtlopende constructie te vervaardigen. Het voordeel van de goede centering bij de conische assen is hier behouden, doordat het onderende van de cilindrische as door een smalle kraag op de binnenzijde van de asvoering gecentreerd wordt. De bovenzijde van de as wordt door een kogellager gecentreerd, dat de druk van de as met bovenstel van de theodoliet opvangt. De onderkogelrand bestaat uit een conisch uitgeslepen vlak van de asvoering. Door het toepassen van staalsoorten van verschillende hardheid is men er in geslaagd de slijtage tot een minimum te beperken. In de figuur ziet men links nog de rondseloverbrenging naar de horizontale rand, die aan de boven- en onderzijde om de buitenwand van de asvoering gecentreerd is. Met behulp van een knopje aan het onderstel van de theodoliet is de



## § 2.11.6.2

horizontale rand over elke gewenste hoek te draaien. Het knopje wordt door een verend deksel afgesloten, dat na elke randverstelling neergeklapt moet worden om ongewenste aanraking tijdens de metingen te voorkomen.

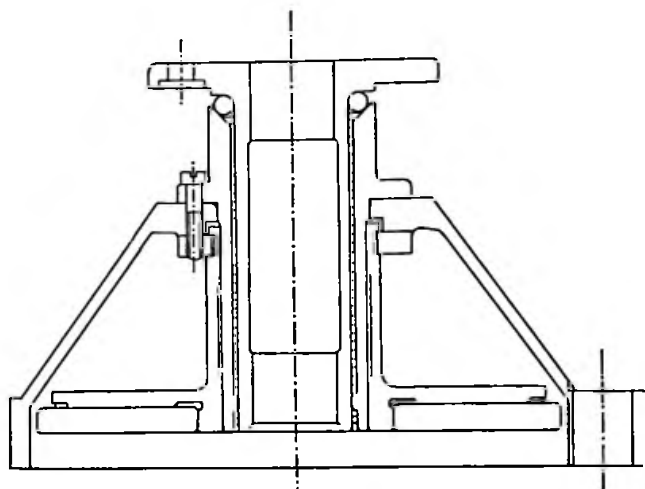


Fig. 2.37

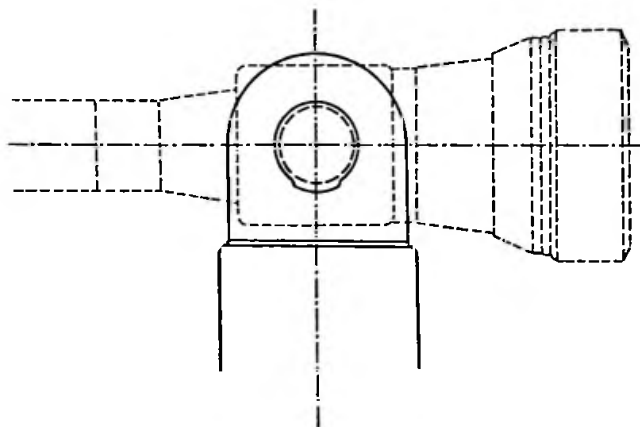


Fig. 2.38

De 2e of horizontale as (fig. 2.38) is op bijzondere wijze uitgevoerd om bij het draaien van de kijker het „opwippen” van de as uit de lagers te voorkomen. De cylindrische asvoering is aan de onderzijde over enige millimeters naar voren en naar achteren een weinig uitgeslepen, zodat de cylindrische astappen niet aan de onderzijde maar enigszins voorlijk en achterlijk gesteund worden. Hier wordt dus hetzelfde effect als bij een vorklager verkregen.

Beide assen zijn stofdicht opgesloten en vereisen hierdoor weinig onderhoud.

## 2.11.6.3 De verdeelde randen en afleesinrichting

De *verdeelde randen* zijn op verzilverd glas gegraveerd. De verdeling is met een interval van  $20'$  aangebracht, voor de horizontale rand rechtsomgaande van  $0$  tot  $360^\circ$ . De verticale rand is zodanig verdeeld, dat men in de gewone kijkerstand (RL) direct de zenithafstand afleest. Verder is de verdeling gelijk aan die van de horizontale rand.

In fig. 2.39 zijn twee voorbeelden van aflezingen weergegeven. Zodra men de coïncidentie ter hoogte van de verticale streep in het beeldveld tussen de deelstrepen van beide randdelen heeft plaats doen vinden, telt men het aantal intervallen tussen het meest linkse cijfer van de onderhelft en het (omgekeerde) cijfer van de bovenhelft, dat  $180^\circ$  met eerstgenoemde cijfer verschilt. Het aantal intervallen geeft weer het aantal tientallen minuten. In de linker figuur leest men af  $265^\circ$ .

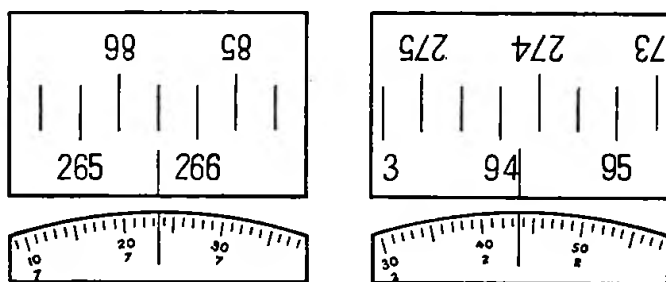


Fig. 2.39

Het aantal tientallen minuten tot  $85^\circ$  is 4. Men noteert dan  $265^\circ 40'$ . Vervolgens leest men de onderste of hulpschaal af, waarvan de onderste cijfers de minuten aangeven en de bovenste de seconden. In het voorbeeld is de aflezing van de hulpschaal  $7' 23'',4$ . Om vergissingen te voorkomen verdient het in de praktijk aanbeveling de aflezing op deze wijze aan de opschrijver op te geven, dus:  $265^\circ 40' 07' 23'',4$ ; dit geeft herleid:  $265^\circ 47' 23'',4$ . De aflezing van de rechter figuur zal nu geen moeilijkheden opleveren:  $94^\circ 10' 02' 43'',6 = 94^\circ 12' 43'',6$ .

Om een duidelijk beeld van de randverdeling te verkrijgen moet men de volgende maatregelen nemen:

- De schakelknop 5 (fig. 2.35 en 2.36) dient in de juiste stand te staan: voor aflezing horizontale dan wel verticale rand.
- De spiegel 13 of 18 (resp. voor de verlichting van de horizontale en verticale rand) dient een gunstige stand in te nemen. Bij het opstellen van de theodoliet dient hiermede van te voren rekening gehouden te worden. Bij nachtelijke waarnemingen worden de spiegels uitgenomen en vervangen door de lamphoudertjes, welke zich in de bodem van de stalen stomp bevinden. Een gelijkmatige verlichting van de randen is van zeer groot belang. Veranderingen in de stand van de spiegel(s) moeten tijdens de metingen vermeden worden. Heeft men te maken met een variërende intensiteit van het daglicht, dan kan men beter tot elektrische verlichting van de rand(en) overgaan.

De afleesinrichting voor de horizontale en voor de verticale rand berust op de volgende principes:

- Het automatisch middelen van de aflezings aan beide alhidades.
- Het toepassen van coincidentie bij het aflezen.
- Het aflezen van beide (horizontale en verticale) randen in één microscoop met één oculair.

In fig. 2.40 worden weergegeven de aflezings van de rand bij alhidade I en bij alhidade II. Bij I leest men af  $A_I + d_1$ , bij II:  $A_{II} + d_2$ . De gemiddelde aflezing

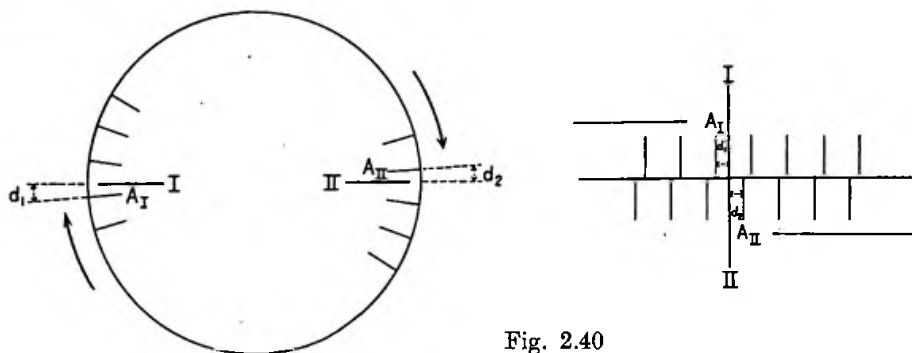


Fig. 2.40

is dan:  $A_I + \frac{1}{2}(d_1 + d_2)$ . Langs nader te beschrijven weg worden de beelden van de rand bij I en II optisch in het beeldveld van één afleesmicroscoop verenigd, zoals aangegeven is in de rechter figuur. Hieruit blijkt dat om de waarde  $d_1 + d_2$  te bepalen men de afstand tussen de deelstrepen  $A_I$  en  $A_{II}$  moet meten. Men gaat nu beide deelstrepen langs optische weg met elkaar in *coincidentie* brengen, d.w.z. dat men beide deelstrepen zuiver in elkaars verlengde brengt. Dit geschiedt door de stralenbundels, die van beide randgedeelten komen, door twee plan-parallelle glasplaten zodanig af te buigen, dat genoemde coincidentie plaats heeft. De glasplaten worden daartoe langs mechanische weg over een bepaalde hoek gedraaid; de hoek waarover de glasplaten gedraaid zijn tot de vereiste coincidentie heeft plaats gehad, is dan een maat voor het te meten stuk  $A_I A_{II} = d_1 + d_2$ .

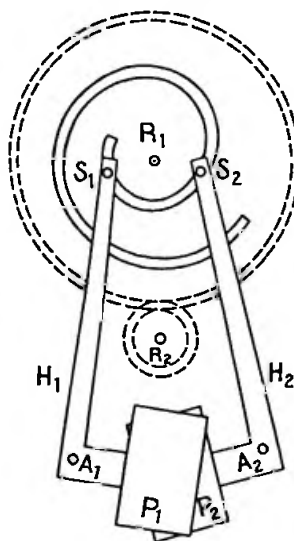


Fig. 2.41

De beide glasplaten vormen een deel van de z.g. optische micrometer, waarvan het schema door fig. 2.41 weergegeven wordt. De twee plan-parallelle glasplaten ( $P_1$  en  $P_2$ ) zijn elk bevestigd aan een hefboom ( $H_1$  en  $H_2$ ), die resp. om de asjes  $A_1$  en  $A_2$  draaien. Aan de uiteinden van de hefbomen bevinden zich de stiften  $S_1$  en  $S_2$ , die geleid worden in een spiraalvormige groef, die in het rondsel  $R_1$  gesneden is. Dit rondsel wordt ge-

draaid door een knop, die zich buiten de theodoliet bevindt (fig. 2.35 en 2.36, knop 3). Het draaien van deze knop heeft tengevolge dat de glasplaten over een gelijk bedrag doch in tegengestelde richting gedraaid worden, waardoor de stralenbundels afkomstig van beide gedeelten van de rand over een gelijk bedrag doch in tegengestelde richting zijdelings verschoven worden. De knop wordt nu zodanig ingesteld dat coincidentie van de strepen op beide afbeeldingen van de randverdeling tot stand komt. De hoek, waarover beide glasplaten gedraaid zijn, wordt aangegeven op een hulpschaal (de onderste schaal in fig. 2.39). Deze beweging wordt door het rondsel  $R_2$  op genoemde schaal overgebracht.

Aan de hand van fig. 2.36 zal thans de gang van de verschillende stralenbundels nagegaan worden. Duidelijkheidshalve zijn in de figuur alleen de stralenbundels van één zijde van de verticale en horizontale rand weergegeven. De horizontale rand wordt verlicht door de spiegel 13. Via prisma met condensorlensje a en prismastelsel b wordt de verdeelde rand ter plaatse van c verlicht. De afbeelding van c vindt plaats via het prismastelsel b en het lenzensysteem d. Het prismastelsel b verenigt tevens het beeld van de rand nabij c' (diametraal tegenover c gelegen) met dat van de rand nabij c. Via prisma e gaat de stralenbundel van dit gecombineerde beeld door de beide planparallelle glazen f, wanneer het schakelprisma q althans  $90^\circ$  in de richting van de pijl is gedraaid. (In de figuur staat het schakelprisma voor aflezing van de verticale rand). Door draaiing van de knop 3 worden de glasplaten zover t. o. v. elkaar gedraaid tot coincidentie van de deelstrepen van beide randgedeelten bij c en c' plaats heeft. Door de beweging van de knop 3 wordt tevens de glazen hulpschaal k gedraaid. Deze hulpschaal wordt verlicht door een prisma j, dat weer licht ontvangt van de spiegel 13 via de reeds beschreven weg. Lens g verenigt nu de beide afbeeldingen van de rand nabij c en c' met het beeld van de hulpschaal k, zodat men via prisma h in de afleesmicroscop 6 met oculair i een beeld verkrijgt als aangegeven in fig. 2.39. Voor de aflezing van de verticale rand dient het schakelprisma q in de stand te staan als in de figuur aangegeven. Via een spiegel 18, condensorlens l wordt nu op soortgelijke wijze als bij de horizontale rand de verticale rand verlicht en door het prismastelsel m, lensstelsel n, pentaprisma o, prisma p, schakelprisma q het gecombineerde beeld van beide randgedeelten door de planparallelle glazen f geleid. Het tot coincidentie brengen geschiedt verder op dezelfde wijze, evenals de aflezing van de beide randgedeelten en de hulpschaal. De spiegel voor de verticale rand kan vervangen worden door een gloeilampje, waardoor via het draaibare spiegeltje r het meetmerk verlicht kan worden met een intensiteit, die afhankelijk is van de stand van het spiegeltje.

Het prisma s van de optische loodlijn geeft zowel een beeld van de verticale as van de theodoliet (aangegeven door een cirkeltje) als van het snijpunt van het verlengde van deze as met het opstellingsvlak onder de theodoliet. Dit vergemakkelijkt het op snelle en nauwkeurige wijze centreren van de theodoliet.

#### 2.11.6.4 De niveau's (fig. 2.42)

Aan de theodoliet treft men de volgende niveau's aan (zie fig. 2.35):

- a. het doosniveau (10), waarmee het instrument voorlopig gehorizonteerd kan worden;
- b. het buisniveau (8). Voor de horizontering is slechts één niveau aanwezig. Het niveau is van een stelschroef voorzien. Voor de justering zie par. 2.11.3.2 sub b;
- c. het niveau van de verticale alhidade (21).

Teneinde het inspelen van de bel te kunnen beoordelen, terwijl men achter de kijker staat, is door de constructeur een vernuftig systeem ontworpen, bestaande uit de prismastelsels  $t$  en  $u$  (fig. 2.36). Hierdoor ziet men van beide uiteinden van

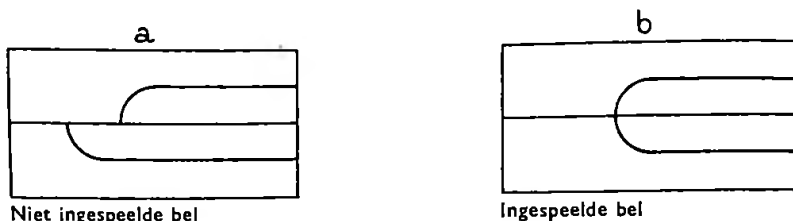


Fig. 2.42

de bel de helft afgebeeld in het prisma  $u$ , mits dit in de goede stand gedraaid is (uittreevlak naar de waarnemer toe). Wanneer de bel niet inspeelt, ziet men beide belhelften als weergegeven in fig. 2.42 onder a. Bij inspeliende bel sluiten beide helften precies tegen elkaar aan en ziet men als het ware één geheel beluiteinde (fig. 2.42 onder b). Het grote voordeel van dit systeem is dat men niet boven op de bel hoeft te kijken en rustig achter de kijker kan blijven staan, indien het prisma  $u$  in de goede stand is gedraaid. Voor de justering is een stelinrichting aangebracht; voor de uitvoering van de regeling zie par. 2.11.3.2 sub e en 2.11.6.7 sub e.

Buiten deze aan het instrument aangebrachte niveau's worden op bestelling bijgeleverd een Horrebow- en een ruiterniveau (zie par. 2.11.2.5).

#### 2.11.6.5 De opstelling (fig. 2.43 en 2.44)

Voor het opstellen van de theodoliet worden verschillende soorten statieven geleverd. De bij de Hydrografische Dienst in gebruik zijnde statieven zijn tweeledig, d.w.z. dat de poten inschuifbaar zijn. Dit is van voordeel bij transport van het statief in kleine vaartuigen. Als nadeel staat hier tegenover, dat de constructie minder robuust is dan die van statieven, waarvan de poten uit één stuk bestaan. De poten zijn van taai hout, dat weinig onderhevig is aan trekken. De bevestiging van de poten aan de koperen vlakke statiefkop a geschiedt door middel van scharnierstukken b, eveneens van koper vervaardigd (fig. 2.43). De houten uiteinden van de poten worden in de busvormige delen van het scharnierstuk geklemd. Met behulp van de zeskante schroefkoppen c kan men een eventuele speling bijstellen. De scharnieren zijn zelfklemmend, de vleugelmoeren van de oudere constructies zijn vervallen. De klemming is te regelen met de zeskante schroefkoppen d. De klemming moet zodanig zijn, dat bij een spreiding van 60 cm van een statiefpoot deze bij het optillen van het statief niet uit zich zelf zakt.

De vlakke statiefkop heeft een cirkelvormige uitsnijding met een diameter van 64 mm. Hier doorheen steekt het schroefvormige uiteinde van de holle stang waarmee het instrument aan het statief vastgeklemd wordt. Deze schroefstang kan in het cirkelvormige gat verplaatst worden, zodat men na opstelling van het statief nog een speling van ongeveer 5 cm overhoudt voor de centrering van het instrument zelf. De schroefstang is doorboord teneinde de optische loodlijn te kunnen gebruiken. Aan de onderzijde van de doorboring bevindt zich een bajonetsluiting voor het aanbrengen van het schietlood. Om de optische loodlijn te kunnen gebruiken dient

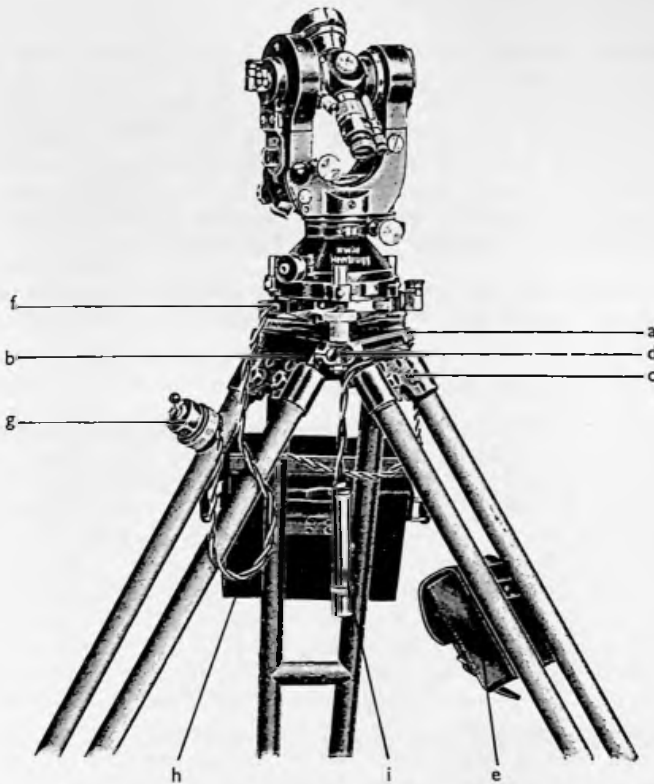


Fig. 2.43

men dus eerst het schietlood te verwijderen. Aan de binnenzijde van een der poten bevindt zich een lederen tasje e, waarin het schietlood opgeborgen kan worden.

Zoals reeds vermeld, wordt de theodoliet d. m. v. een holle schroefstang op de vlakke kop van het statief vastgeklemd. De theodoliet heeft daartoe een stervormige grondplaat (fig. 2.44), in het midden voorzien van moerdraad, waarin het bovineinde van de holle schroefstang geschroefd wordt. De stervormige grondplaat (zie ook fig. 2.35) is met een stervormige verende borgplaat (20) aan de theodoliet gekoppeld. De uiteinden van deze borgplaat hebben gaten, die van breed tot smal toelopen. In het brede gedeelte kan net de borst passeran van de stelschroef (12) (fig. 2.35), die boven deze borst een kleinere diameter heeft. Wanneer men het borgschroefje (fig. 2.44, x) naar beneden gedraaid heeft, kan de verende borgplaat over een geringe hoek gedraaid worden,

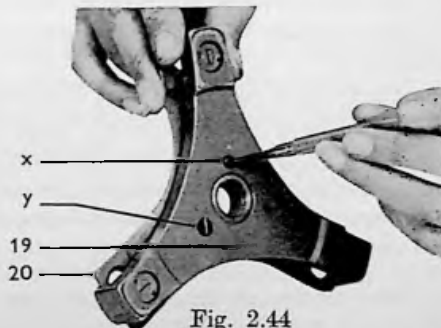


Fig. 2.44

waardoor het brede gedeelte van de gaten in de borgplaat boven de borsten van de stelschroeven komen. Men kan nu de theodoliet met de stelschroeven uit de ligplaatsen in de stervormige grondplaat lichten. De draaiing van de verende borgplaat wordt begrensd door de stuitnok *y*. Men kan op deze wijze de grondplaat op het statief laten staan en hiervoor in plaats b.v. een invarbasislat opstellen. Deze is dan automatisch op de juiste wijze gecentreerd. In vele gevallen kan deze *dwangcentrering* voordelen opleveren, als grotere nauwkeurigheid bij de opstelling van een ander instrument op dezelfde plaats, sneller werken, enz.

*Na het koppelen van het instrument aan de grondplaat verzuime men niet het borgschroefje *x* weer aan te draaien.*

#### 2.11.6.6 *De elektrische verlichting (fig. 2.43)*

In de bodem van de stalen stolp bevinden zich twee lamphoudertjes vastgeklemd, die in de plaats van de spiegeltjes 13 en 18 (fig. 2.35 en 2.36) aangebracht kunnen worden. Men trekt de spiegeltjes, die met enige klemming vastzitten, los, neemt de lamphoudertjes uit de bodem en drukt deze in de gaten, waarin de spiegeltjes vastgeklemd waren. De lampjes staan dan automatisch geschakeld op een elektrische leiding in het inwendige van het instrument. Deze leiding is aangesloten op een stopcontact *f*, dat zich in het onderstel van de theodoliet bevindt. Hierop kan een stekker met snoer geplaatst worden, die via een schakelaar *g* op het statief met een batterij in verbinding staat. De batterij wordt in een lederen tas *h* geborgen, die aan een beugel op een der statiefpoten vastgehaakt kan worden. De schakelaar heeft twee pootjes, die in twee gaatjes in een der statiefpoten gestoken kunnen worden. Parallel op deze leiding staat nog een looplampje *i* met snoer. Dit lampje kan van nut zijn voor de opschrijver, voor de regeling van het instrument en voor de verlichting van de reflector van het verticale alhidade-niveau (fig. 2.35; 14) bij het laten inspelen van dit niveau. Het lampje, dat in de plaats treedt van spiegeltje 18 verlicht de verticale rand, de hulschaal en via het draaibare spiegeltje in de kijker het meetkruis. Het lampje in de plaats van spiegeltje 13 verlicht de horizontale rand en de hulschaal. De intensiteit van de verlichting van de randen en van de hulschaal is niet te regelen, wel de mate van verlichting van het meetkruis door draaiing van het spiegeltje *r* (fig. 2.36).

#### 2.11.6.7 *Contrôle en regeling*

De volgende contrôles en regelingen kunnen door de gebruiker zelf uitgevoerd worden:

- a.* Contrôle en regeling van de drie stelschroeven voor de horizontering en van de microschoeven (horizontale en verticale beweging).
- b.* Contrôle en regeling van het buisniveau.
- c.* Contrôle en regeling van de optische loodlijn.
- d.* Onderzoek op collimatiefout (vizerlijn niet loodrecht op 2e as) en regeling.
- e.* Onderzoek op indexfout van de verticale alhidade en regeling.

De gereedschappen voor het uitvoeren van deze regelingen, t.w. een regelingstift en een schroevendraaier bevinden zich in de bodem van de stalen stolp. . .

a. Contrôle van de stel- en microschroeven

De schroeven moeten soepel en gelijkmatig draaien, zonder weerstandspunten in de beweging. De stelschroeven voor de horizontering moeten vrij stroef draaien en mogen geen speling vertonen. Lopen deze schroeven te licht, dan kan men met behulp van de regelingstift de moer, waarin de schroef draait, vaster klemmen. De moer is daartoe van een gaatje voor de regelingstift voorzien. Bij de microschroeven kan men een speling opheffen door aandraaien van de stelringen, die zich achter de stelknoppen bevinden.

b. Regeling van het buisniveau

De contrôle en de regeling van het buisniveau is reeds uitvoerig in par. 2.11.3.2 sub b behandeld.

c. Contrôle en regeling van de optische loodlijn

Men stelt de theodoliet met het statief op en horizonteert het instrument zo nauwkeurig mogelijk. De loodlijn met schietlood wordt aan de holle schroefstang van het statief bevestigd en men markeert het punt op de grond, waar de punt van het schietlood, dat nog net vrij van de grond hangt, zich precies boven bevindt. Daarna neemt men het schietlood weg en controleert door het oculair van de optische loodlijn kijkende, of het gemarkeerde punt zich precies in het midden van het zwarte cirkeltje in het beeldveld van het kijktje bevindt. Is dit niet het geval, dan kan men deze coïncidentie tot stand brengen door aan de regelingschroefjes (fig. 2.46; 24) van het oculair van de optische loodlijn te draaien.

d. Onderzoek en regeling van de collimatiefout (vizerlijn niet loodrecht op de 2e as (zie ook par. 2.11.3.2 sub c))

Een verplaatsing van het meetmerk verkrijgt men door het glazen plaatje, waarin dit merk geëtst is, te verschuiven in een richting loodrecht op de kijkeras. Hiertoe zijn drie regelingschroeven aanwezig; 1 horizontaal en twee in een scheve richting t.o.v. de horizontale aangebracht. De schroeven kan men met de bij het instrument verstrekte schroevendraaier bewegen.

Men richt de kijker van het goed gehorizonteerde instrument op een scherp afgetekend punt en leest de horizontale rand af. De kijker wordt doorgeslagen, op hetzelfde punt gericht en de aflezing van de horizontale rand wederom genoteerd. Het verschil tussen beide aflezingen, verminderd met  $180^\circ$  is nu het bedrag van de dubbele collimatiefout. Men stelt nu op de optische micrometer (hulpschaal) het gemiddelde van beide aflezingen in. Met de microschroef van de horizontale beweging wordt nu weer de coïncidentie tot stand gebracht van de deelstrepen van de horizontale rand (boven- en benedenbeeld). De verticale draad van het meetmerk staat nu niet meer op het punt gericht en moet met behulp van de drie regelingsschroefjes weer op het punt gebracht worden. Moet men b.v. het meetmerk naar links verplaatsen (kijkerstand RL), dan draait men beide scheefgeplaatste schroefjes aan de rechterkant over een zelfde bedrag los en draait het linkse horizontale schroefje aan. Dezelfde contrôle en regeling wordt herhaald tot de collimatiefout tot een aanvaardbaar bedrag verminderd is (ongeveer  $10''$ ). Tevens controleert men of de verticale streep van het meetmerk zijn verticale stand behouden heeft door de kijker in het verticale vlak langs het meetpunt op en neer te bewegen. Een eventuele



scheve stand kan verholpen worden door de schief geplaatste schroefjes over een gelijk bedrag doch in tegengestelde richting te draaien.

e. Onderzoek op indexfout van de verticale alhidade en regeling

Dit onderzoek en de regeling van deze fout is reeds uitvoerig behandeld in par. 2.11.3.2 sub e.

*Literatuur* : Prof. Ir. W. SCHERMERHORN en Ir. H. J. VAN STEENIS. Leerboek der Landmeetkunde, 2e druk.

## 2.12 Astrolabium

Het astrolabium dient voor de simultane lengte- en breedtebepaling volgens de methode Gauss, welke in par. 4.1.8 uitvoerig behandeld wordt.

De astrolabium-uitrusting, welke door de firma Wild geleverd wordt, bestaat uit een 60°-prisma a en een kwikhorizon b (fig. 2.45), welke als aanvulling bij de theodolieten T2 en T3 van dezelfde firma verkrijgbaar zijn. Het astrolabium wordt voor het kijkerobjectief aangebracht.

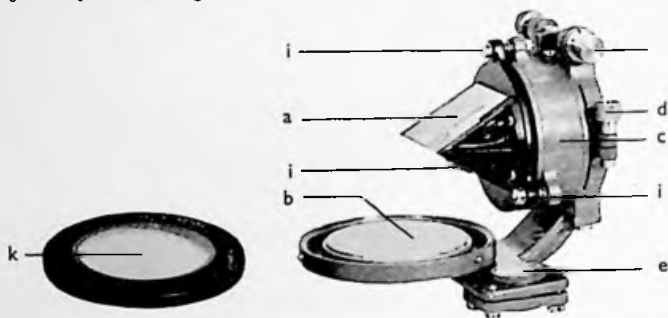


Fig. 2.45

Richt men de kijker met hiervoor aangebracht astrolabium op een ster, dan ziet men twee gescheiden stersbeelden, die zich in tegengestelde en verticale zin langs elkaar bewegen. Voor de lengte- en breedtebepaling behoeft men slechts het tijdstip van het passeren van beide stersbeelden op een tijdmetr of een chronograaf te noteren. Aflezingen van de randen zijn dus niet nodig. Men stopt op de tijdmetr dus feitelijk wanneer de ster een hoogte van 60° bereikt heeft en voert met deze tijdmeteraanwijzingen de berekeningen uit, die in par. 4.1.8 zijn aangegeven.

Onder normale omstandigheden kan men met genoemde astrolabiumuitrusting voor de kijker van een Wild T2 of T3 theodoliet sterren waarnemen tot de 4e à 5e grootte. Voor waarneming komen slechts die sterren in aanmerking, die gedurende de waarnemingsperiode de hoogtecirkel van 60° passeren, m.a.w. die sterren waarvan de declinatie ligt tussen  $\varphi + 30^\circ$  en  $\varphi - 30^\circ$  ( $\varphi$  = de geografische breedte van de plaats van waarneming). Noemt men de sterretijd T, dan ligt de rechte klimming van de in aanmerking komende sterren voor plaatsen op de equator tussen  $T + 2^u$  en  $T - 2^u$  in; voor plaatsen op middelbare breedte tussen  $T + 3^u$  en  $T - 3^u$ . De geschikte sterren vindt men of door berekening of uit de „Complete 60° Star Lists for position fixing by the equal altitude method” (zie par. 4.1.8).

De middelbare fout in de met het astrolabium gevonden breedte en lengte is afhankelijk van het aantal waargenomen sterren en van de tijdsbepaling. Het is voor een middelmatig geoefende waarnemer bij een serie van 30 sterren, regelmatig over de horizon verdeeld en bij gebruik van een chronograaf, zeer wel mogelijk deze middelbare fout binnen 1" te houden.

Het aanbrengen van het astrolabium dient met zeer veel zorg te geschieden. Allereerst dient bedacht te worden, dat door het aanbrengen van de vrij zware apparatuur (prisma en kwikspiegel) op het objectief de kijker zeer excentrisch belast wordt en daardoor neiging heeft te dompen. In de eerste plaats dient men de klem-schroef van de horizontale (2e) as stevig aan te draaien. Deze as wordt gedraaid, doordat het uiteinde van de microschroef bij het inschroeven tegen een arm van de 2e as drukt tegen de werking van een veer in. Daar door de zwaarte van het astrolabium de arm geen tegendruk mag uitoefenen op genoemde veer, doch slechts tegen het uiteinde van de microschroef mag drukken, is plaatsing van het astrolabium slechts in één stand van de kijker toegestaan en wel in de stand RL (verticale rand links van het oculair).

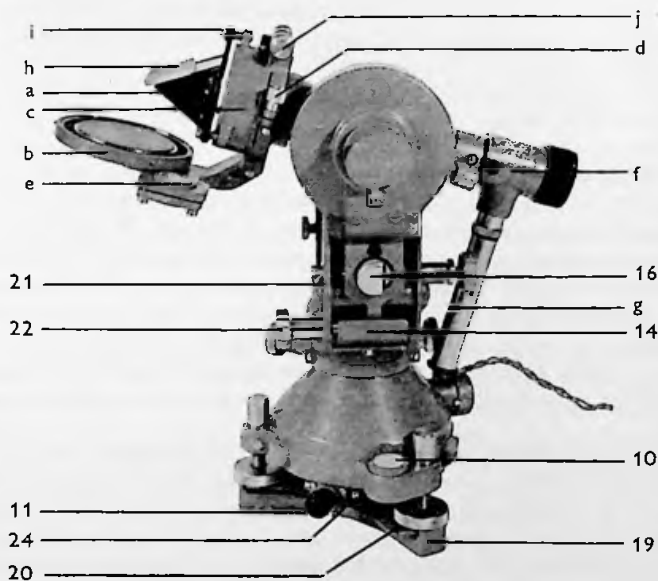


Fig. 2.46

Nadat de horizontering van de theodoliet is uitgevoerd, kan men het prisma met het ronde montuur (fig. 2.46; e) over de buitenrand van het kijkerobjectief schuiven, waarbij de klem-schroef (d) van het montuur voorlopig nog niet aangedraaid wordt. Men laat eerst het doosniveau (e) op het astrolabium zo goed mogelijk inspelen, in de ene richting door draaiing van het astrolabiummontuur om de objectiefrand, in de andere richting door beweging van de kijker om de 2e as, dus door draaiing van de microschroef voor de verticale beweging.

Thans wordt overgegaan tot loodrecht stellen van het achtervlak van het prisma t. o. v. de kijkeras. Hiertoe wordt het oculair van de kijker afgeschroefd en hiervoor in de plaats aangebracht het autocollimatatie-oculair f, waarin het bijbehorende verlichtingslampje g wordt gestoken. Op het bovenvlak van het prisma wordt, nadat dit zeer zorgvuldig met een zeemleren lapje gereinigd is, het speciaal daarvoor bestemde spiegelkje h gelegd (spiegelend vlak naar beneden). Hierbij wordt met de ene hand het prisma ondersteund en met de andere hand het spiegelkje met enig heen en weer schuiven zacht op het prismavlak gedrukt tot het door de adhesie blijft kleven. Het verdient aanbeveling vóór het plaatsen van het spiegelkje de theodolietkijker 30° te eleveren, waardoor het bovenvlak van het prisma horizontaal ligt en de kans op vallen en breken van het spiegelkje verminderd wordt. Na de autocollimatatie brengt men de kijker weer in de horizontale stand terug. Door het autocollimatatie-oculair ziet men nu het direct geziene en het teruggekaatste beeld van het meetkruis. Wanneer het prisma goed is aangebracht, moeten beide beelden samenvallen. Aangezien het teruggekaatste beeld dikwijls flauw zichtbaar is, drukt men het prisma enigszins tegen het objectief aan, waardoor men het teruggekaatste meetmerk ziet bewegen. Soms is ook het prisma dermate scheef voor het objectief geplaatst, dat het teruggekaatste beeld geheel buiten het gezichtsveld valt. Teneinde na te gaan welke beweging het prisma nodig heeft, knijpt men met de vingers de montuurring van het prisma naar het objectief toe tot men het teruggekaatste beeld ziet verschijnen en bewegen. Men zal dan tevens opmerken, dat de achtergrond van het meetmerk, nl. het halve schijfje van het belichtingsschermpje niet of slechts ten dele zichtbaar is. Weet men in welke richting het teruggekaatste beeld bewogen moet worden, dan wordt de coincidentie van beide beelden tot stand gebracht met de drie regelingsschroeven i aan het prismamontuur, die met het bijgeleverde regelingstiftje gedraaid kunnen worden. Doordat geëtte meetmerken licht slecht terugkaatsen, kost deze regeling wel eens moeite voor de beginner. Van belang is dat het lampje voor de verlichting in het autocollimatatie-oculair voldoende sterk is. De prisma-montuurring wordt nu aan de objectieffrand vastgeklemd, waarna de coincidentie van beide beelden nog even gecontroleerd wordt. Vervolgens worden autocollimatatie-oculair en spiegelkje verwijderd en het oorspronkelijke oculair weer aangebracht.

De kijker wordt weer in de horizontale stand teruggebracht, waarbij de aflezing van de verticale rand 90° (= zenithafstand) bedraagt. Het kwikbakje wordt nu met kwikzilver gevuld, totdat een bolle rand aan de omtrek van het bakje ontstaat. Het kwikoppervlak wordt gereinigd door hier herhaalde malen een glazen staafje over heen te laten rollen, net zo lang tot het staafje geen vuil meer opneemt. Eventueel plaatst men over het bakje de windkap k (fig. 2.45). Bij het werken met kwik is het raadzaam gouden ringen af te leggen.

Voor de aanvang van de waarnemingen zal men eerst een proefster observeren om de scherpstelling van de kijker te regelen. Tevens stelt men de horizontale ribbe van het prisma zodanig bij, dat beide beelden elkaar op een gunstige afstand passeren. Het draaien van het prisma om de kijkeras geschiedt met de microschroef j aan de bovenzijde van het montuur. De beide beelden mogen bij het passeren niet in elkaar vloeien, doch moeten op een zodanige afstand langs elkaar heen gaan, dat het moment van passeren scherp te beoordelen is. *Aan de eenmaal verkregen scherpstelling van oculair en kijker mag tijdens de waarnemingsserie niets meer veranderd worden.* Het passeren van beide beelden dient zo goed mogelijk in het midden van

het beeldveld plaats te hebben, waartoe de kijker eventueel in azimuthale of in verticale zin een weinig gedraaid wordt.

Na deze voorbereidingen kan men dan met de serie beginnen aan de hand van het van te voren opgemaakte programma, waarop de namen der sterren, lichtsterkte (magnitude), doorgangstijd en azimuth vermeld staan. Om het azimuth gemakkelijk te vinden heeft men eerst de horizontale rand op een bekende richting georiënteerd (Noord =  $0^\circ$  van de horizontale randverdeling). Een ster in de nabijheid van een der polen, b.v. op Noorderbreedte  $\alpha$  Ursa Minoris, kan hiertoe uitstekend dienst doen.

Voor de verdere uitvoering der waarnemingen wordt verwezen naar par. 4.1.8.

### 2.13 Voorzetprisma „Roelofs” voor zonswaarnemingen

Bij de klassieke wijze van zonswaarnemingen met een theodoliet ter bepaling van azimuthale richtingen of van geografische coördinaten werd altijd de zonsrand in aanraking gebracht met de verticale of horizontale lijn van het meetkruis of ook wel gelijktijdig met beide lijnen. Op het oculair werd dan een donker glas geplaatst ter demping van de zonnestralen.

Tegen deze wijze van observeren zijn de volgende bezwaren aan te voeren:

- Het moment van aanraking zonsrand-meetkruislijn is moeilijk te beoordelen. Door het donkere oculairglas ziet men namelijk het meetkruis eerst, wanneer het zonsbeeld dit practisch al aangeraakt heeft.
- Een beoordeling van een gelijktijdige aanraking door de zonsrand van zowel verticale als horizontale lijn van het meetkruis is zeer moeilijk, aangezien beide plaatsen van aanraking een boogafstand van  $22'$  uit elkaar liggen.
- Het meetmerk (bij de Wild T2 theodoliet het geëtste glasplaatje) staat juist in het brandpunt van het ongetemperde zonsbeeld, waardoor een overmatige verhitting ontstaat en vervorming van het meetkruis mogelijk is.

Ter voorkoming van deze bezwaren is het voorzetprisma „Roelofs”, dat op het objectief van vrijwel elke moderne theodoliet geplaatst kan worden, ontworpen.

Het prisma bestaat uit een ring, welke met een klemmschroef om de objectiefrand van de theodolietkijker vastgezet kan worden. Aan deze ring is met een scharnier bevestigd een kokervormig lichaam, waarin twee prisma's zijn geplaatst. De prisma's zijn halfrond en hebben een kegervormige doorsnede. Zij zijn zodanig aangebracht dat de rechte zijden loodrecht op elkaar staan. De brekingsindex van beide prisma's bedraagt  $23'$ . Wanneer het prisma voor het objectief geklapt is, staat het ene prisma (A) (fig. 2.47) voor de bovenhelft van het objectief en het andere prisma (B) voor de rechterhelft van het objectief. Wanneer men het beeldveld in 4 kwadranten verdeelt, worden zij als volgt door de prisma's bedekt:

kwadrant 1 prisma A  
 kwadrant 2 prisma A + B  
 kwadrant 3 prisma B  
 kwadrant 4 geen prisma's.

Voor de prisma's is nog een donkergroen filter en achter de prisma's een grijs filter aangebracht.

Door de aangegeven rangschikking van beide prisma's wordt het zonsbeeld op verschillende wijzen in het 1e, 2e en 3e kwadrant gebroken en in het 4e in het

geheel niet. Het resultaat is dat een beeld ontstaat als weergegeven in fig. 2.48. Waar de beelden elkaar in de kwadranten overlappen, ontstaat een helder groen symmetrisch beeld in de vorm van een kruis. In het midden van het kruis ontstaat

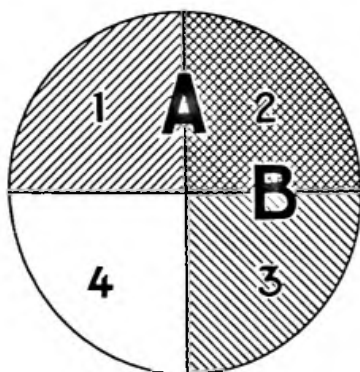


Fig. 2.47

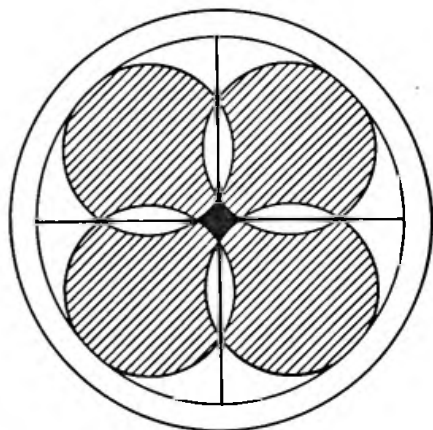


Fig. 2.48

een donkere ruit, waarvan de afmetingen afhankelijk zijn van de zonsmiddellijn en variëren van  $10'' \times 10''$  (in December) tot  $75'' \times 75''$  (in Juni). Door de horizontale en verticale lijn van het meetkruis met resp. de horizontale en de verticale as van het kruis samen te doen vallen meet men gelijktijdig hoogte en azimuth van de zon. Natuurlijk kan men hoogte en azimuth ook afzonderlijk bepalen, waarbij men resp. alleen de horizontale as en lijn of de verticale as en lijn met elkaar laat samenvallen.

Men schuift het prisma over de objectiefrand heen en richt op de zon. Met de hand wordt het prisma om de kijkeras gedraaid tot de assen van het groene kruis evenwijdig lopen aan de horizontale en verticale lijn van het meetkruis. Een kleine fout in deze instelling wordt geëlimineerd door te meten in beide kijkerstanden. Teneinde bij azimuthbepaling de kijker ook op aardse punten te kunnen richten, is het prisma opklapbaar aan de montuurring bevestigd.

Met het prisma kan men uit zonswaarnemingen de geografische breedte bepalen met een middelbare fout van minder dan  $1''$  in het gemiddelde bij een serie van 12 waarnemingen (circummeridiaansbreedtebepaling).

Een ander voordeel van het instrument is dat de correctie voor de zons halve middellijn niet toegepast behoeft te worden, aangezien deze waarde door het prisma geëlimineerd wordt.

Wel moet men met het oog op de brekingsindex van  $23'$  een vaste correctie toepassen:

$$\begin{aligned} \text{op de hoogte} \quad \Delta h &= \pm 11' 30'', \\ \text{op het azimuth} \quad \Delta a &= \pm (11' 30'') \sec h. \end{aligned}$$

Het  $+$  of  $-$  teken is afhankelijk van de stand van de kijker (RL of RR).

## 2.14 Tijdmeter

De aan boord van de opnemingsvaartuigen verstrekte tijdmeters zijn meestal niet verschillend van de gewone scheepschronometers. Voor de technische beschrijving wordt dan ook verwezen naar de verschillende zeevaartkundeboeken, waarin deze instrumenten uitvoerig behandeld worden.

Toch kan het van dienst zijn op de volgende punten speciaal de aandacht te vestigen.

- a. De tijdmeters dienen dagelijks op dezelfde tijd door de officier belast met de tijdmeters opgewonden te worden, bij voorkeur te 0800 locale tijd.
- b. Ook wanneer de instrumenten niet gebruikt worden, dient de stand minstens eenmaal per dag bepaald te worden. Hierdoor is het mogelijk een inzicht in de gang van de tijdmeters te verkrijgen. Op een der tijdmeters wordt het tijdsein gestopt, terwijl onmiddellijk hierna de andere tijdmeters met het eerste instrument vergeleken worden. De normale wijze van stoppen wordt in de zeevaartkundeboeken besproken; voor het stoppen op een rythmisch tijdsein wordt verwezen naar par. 4.1.4.
- c. Wanneer de tijdmeters naar de wal vervoerd moeten worden voor observaties aldaar, moet het transport met de nodige zorg geschieden. De cardanusringen dienen vastgezet te worden, terwijl bij het dragen de bovenkant van het uurwerk zo goed mogelijk horizontaal gehouden moet worden. De tijdmeter wordt steeds in de buitenkist vervoerd. Schokken en plotselinge draaiingen om de verticale as moeten vermeden worden. Bij het bewandelen van bochtige en steile paden dient op het laatste angstvallig gelet te worden. Ook wanneer alle zorg aan het transport besteed is, zal de gang van het instrument meestal nog wel beïnvloed zijn. Daarom bringe men de tijdmeters minstens 24 uren vóór het tijdstip van observatie naar de wal en laat de instrumenten aldaar tot rust komen. Met behulp van een draagbare radio-ontvanger moet het instrument minstens eenmaal vóór en eenmaal na de observatie op een tijdsein gestopt worden, waarbij een zo klein mogelijk tijdsverloop tussen beide stoppingen gunstig is. Van de aan boord van een opnemingsvaartuig aanwezige tijdmeters moet minstens één instrument volgens sterretijd lopen en één instrument voorzien zijn van een onderbrekercontact voor aansluiting op een chronograaf (zie par. 2.15). Meestal zal de sterretijdmeter van een dergelijk contact voorzien zijn. Behalve genoemde tijdmeters zijn bovendien nog verstrekt enige observatiehorloges. Dit zijn meestal afgekeurde tijdmeters, die zonder buiten- of binnenkist in een koperen doos met hengel gemakkelijk te vervoeren zijn. Deze horloges zijn alleszins voldoende nauwkeurig voor de tijdsbepaling bij azimuthbepalingen uit zonswaarnemingen. Soms komt men nog wel eens een z.g. 130-tikker tegen, d. i. een tijdmeter die 130 tikken in de minuut geeft i. p. v. 120 tikken. Voor het nauwkeurig stoppen van een tijdsein gaf een 130-tikker groot gemak. Na de invoering van het rythmisch tijdsein levert een nauwkeurige standbepaling met een 120-tikker niet meer de minste moeilijkheid op.

Hoewel de tijdmeters voorzien zijn van een temperatuurscompensatie-inrichting, dienen grote temperatuurswisselingen vermeden te worden. Tijdens het observeren plaatse men het instrument buiten de directe zonsbestraling.

Aan het bijhouden van het tijdmeterjournaal dient de uiterste zorg besteed te worden.

## 2.15 Chronograaf (fig. 2.49)

Voor een meer nauwkeurige tijdsbepaling bij astronomische observaties maakt men gebruik van een chronograaf aangesloten op een tijdmetr. Een verder voordeel is dat men vrijwel zijn gehele aandacht op de observatie kan concentreren, daar het registreren van de tijdstippen van waarneming nu geheel automatisch geschiedt.

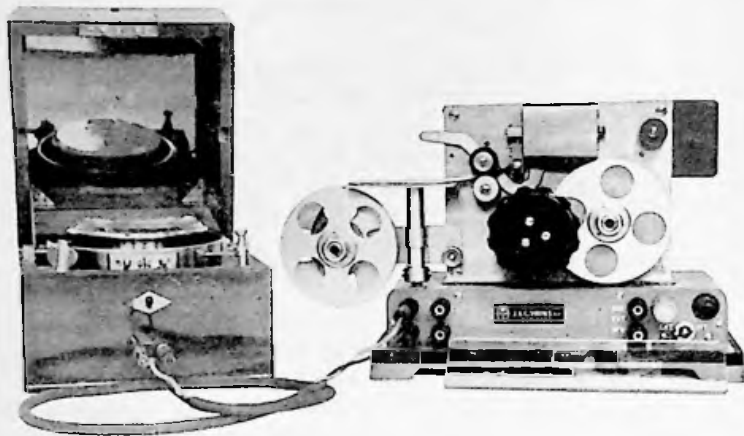


Fig. 2.49

In wezen komt de inrichting van het apparaat hier op neer, dat op mechanische wijze met constante snelheid grafisch een tijdas wordt afgebeeld. Bepaalde tijdstippen kunnen nu langs elektrische weg op deze tijdas aangegeven worden.

Men onderscheidt twee soorten van chronografen: één type, waarbij de tijdas op een cylinder voorzien van papier afgebeeld wordt, en het andere type, waarbij de tijdas op een papierlint geregistreerd wordt. In het eerste geval draait de cylinder met een constante snelheid rond, in het tweede geval wordt het papierlint met constante snelheid onder een schrijfstift doorgetrokken. Beide bewegingen dienen eenparig te zijn; zij worden tot stand gebracht door een uurwerk met fijne reguleur of door een synchrone electromotor. Meestal is de snelheid nog regelbaar. Een geschikte snelheid is die, waarbij de tijdas met een snelheid van 2 à 3 cm/sec afgebeeld wordt.

De chronograaf is in twee stroomkringen opgenomen, die door een droge batterij of door een accu gevoed worden. In de ene kring is een electromagneet opgenomen, die in serie staat met de stroomonderbreker in de tijdmetr, die elke seconde de stroom even onderbreekt, waardoor de registreerpen een kleine zijdelingse uitwijking krijgt, die op het papier van de chronograaf geregistreerd wordt. Verder wordt meestal elke minuut van de tijdmetr nog gemarkeerd, doordat op de 59,5 sec ook een onderbreking ontstaat. In de andere stroomkring is in serie met de genoemde electromagneet of eventueel met een 2e magneet het handcontact voor de waarnemer opgenomen, die hiermede het tijdstip van observeren kan aangeven. De schrijfstift krijgt op het moment van indrukken van het contact een uitslag, die op het papier geregistreerd wordt. Met behulp van een passer en transversaalschaal meet men dan de afstand  $a$  op tussen de voorafgaande dichtstbijzijnde secunderegistratie en

het merk, dat het tijdstip van waarneming aangeeft. De stroomkringen moeten zodanig geschakeld zijn, dat de schrijfstift voor de secundaanwijzing een andere kant uitslaat dan voor het moment, waarop de waarnemer het contact heeft ingedrukt.

Tevens meet men het interval  $b$  op tussen de twee secundaanwijzingen, waartussen het waarnemingsmoment ligt. Men telt het aantal seconden  $s$  sinds de laatste minuutaanwijzing  $m$  en noteert het aantal uren  $u$  dat de tijdmetreer aanwijst.

Het tijdstip van observeren is dan:  $T = u + m + s + \frac{a}{b} \times 1 \text{ sec.}$  Het verdient

aanbeveling de chronograaf op een zodanig tijdstip aan te zetten dat de beweging van het lint of van de rol eenparig is wanneer door de waarnemer contact gegeven wordt. Ook moet voorafgaande aan het moment van waarneming minstens één minuutaanwijzing plaats gehad hebben. Verder is het een goede gewoonte bij het begin het uur, dat de tijdmetreer aanwijst op de rol of op het lint te noteren en dit tevens steeds voor elke minuut te doen. Verder schrijft men bij de registratie van het waarnemingsmoment ook steeds de naam van de ster, welke geobserveerd is, bij.

## 2.16 Barometer en barograaf

De *barometer* wordt gebruikt ter bepaling van de luchtdruk. Aan boord zijn zowel aneroïdebarometers als kwikbarometers in gebruik. Voor de meteorologische waarnemingen aan boord dienen, wegens hun grotere betrouwbaarheid, kwikbarometers gebruikt te worden. Het gebruik van aneroïdebarometers voor het bepalen van berghoogten wordt bij de Nederlandse Hydrografie niet toegepast als zijnde minder nauwkeurig dan de methode van hoogtebepaling door verticale hoekmeting vanuit zorgvuldig bepaalde posities uit zee.

Voor de inrichting en het gebruik der barometers wordt verwezen naar „Maritieme meteorologie en oceanografie” door P. Bossen en P. van der Zee.

Bij plaatsing van de kwikbarometer (bij voorkeur in de kaartenkamer) moet men zorgen dat deze gemakkelijk afleesbaar is en dat geen directe bestraling door de zon mogelijk is of zich enige bron van warmte in de nabijheid bevindt, b.v. schoorsteen of verwarmingstoestel.

De *barograaf* is een zelfregistrerende (aneroïde) barometer. Hierbij worden door een stift automatisch de luchtdrukkingen gedurende een zeker tijdvak op een ronddraaiende cilinder aangetekend. De aldus verkregen kromme heet *barogram*. Eens in de week wordt de cilinder van een nieuw diagram en de stift opnieuw van inkt voorzien.

Het voordeel van de barograaf is dat veranderingen in de luchtdruk, afwijkingen van de dagelijkse gang, enz. duidelijk in het oog vallen; de nauwkeurigheid is dezelfde als die van de aneroïde barometer.

Voor herleiding van millibaren (mb) tot millimeters (mm) kwikdruk en andersom geldt:

$$1000 \text{ mb} = 750,076 \text{ mm} \quad \text{en} \quad 1 \text{ mm} = 1,333200 \text{ mb}$$

(Zie „Maritieme meteorologie en oceanografie” door P. Bossen en P. van der Zee. Uitgave 1949 van de Kweekschool voor de Zeevaart, Amsterdam).

## 2.17 Gewone peilschaal

Door gedurende een bepaalde tijd periodiek een in zee opgestelde peilschaal af te lezen, leert men het verloop van het getij gedurende die tijd en de stand van



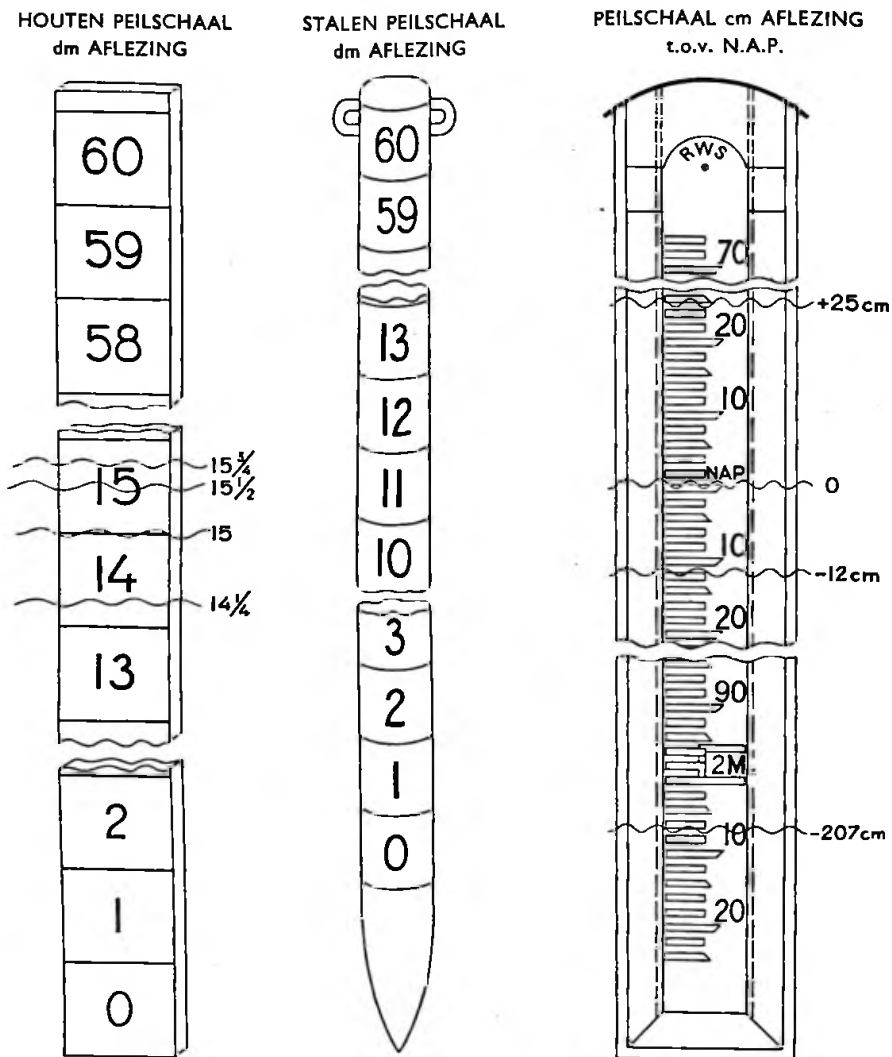


Fig. 2.50

het getij op een zeker ogenblik kennen. Behalve de gewone houten of stalen afleesbare peilschaal kent men ook de zelfregistrerende peilschaal. (Zie hiervoor par. 2.18.)

De gegevens der gewone peilschalen zijn:

- Houten peilschaal: lengte 600 cm, breedte 15 cm, dikte 2 cm.  
De peilschaal is verdeeld in dm, gescheiden door een dunne witte streep aan vóór- en achterzijde. De cijfers, hoog 9 cm en geplaatst  $\frac{1}{2}$  cm boven de verdeelstreep, staan aan de vóór- en aan de achterzijde.

| Vakjes:        | Kleur vakjes: | Kleur cijfers: |
|----------------|---------------|----------------|
| 3, 13, 23 enz. | rood          | wit            |
| 5, 15, 25 enz. | wit           | zwart          |
| 7, 17, 27 enz. | blauw         | wit            |
| 0, 10, 20 enz. | oranje        | wit            |

Alle overige dm-vakken zijn zwart en voorzien van witte cijfers.

6. Stalen peilschaal: een buis, lengte 600 cm, diameter 3,5 cm; bovenzijde dicht, onderzijde puntig. Cijfers aan één zijde, hoogte 6 cm, geplaatst 1 cm boven verdeelstreep. Kleur van peilschaal, vakken en cijfers als bij houten peilschaal.

Bij de in dm verdeelde peilschalen bevindt zich het vak van 0 dm onderaan en loopt de verdeling naar boven op.

Bij de in cm verdeelde genormaliseerde peilschaal van de R.W.S. bevindt zich het 0 punt, overeenkomende met het N.A.P.-vlak, halverwege en geeft de peilschaal naar boven oplopende de positieve stand en naar beneden de negatieve stand t.o.v. het N.A.P.-vlak.

Bij deze peilschaal zijn de verdeelstrepen en cijfers wit op een blauwe ondergrond, echter de meteraanduidingen wit op een rode ondergrond.

De *aflezing* bij de in dm verdeelde peilschaal geschiedt, rekening houdende met het 0 dm vlak, als in fig. 2.50 is aangegeven.

Bij de *plaatsing* van een peilschaal moet met de volgende punten rekening gehouden worden.

1. De peilschaal moet stevig bevestigd zijn aan steiger of driepoot.  
Bij plaatsing tegen een steiger zal in het peilschaalboekje aangetekend worden met welke aanwijzing van de peilschaal een kenbaar punt der steiger, b.v. een hoekijzer, inkeping of bout of wel het loopvlak van de steiger, overeenkomt. Bij bevestiging aan een driepoot zal aanstonds genivelleerd worden op een vast punt aan de wal en dit verkenmerk ingeschreven worden in het peilschaalboekje.  
Om na te gaan of de peilschaal met driepoot verzakt door zachte bodem of andere oorzaken, zal periodieke nivellering en vooral controle bij het weghalen der peilschaal plaats vinden.  
Teneinde een driepoot stevig te plaatsen, worden de ondereinden toegespitst en in de grond gedreven en bovendien goed verzwaard met ballastschuitjes. Men vergeet nooit de bovenzijde van de leden der bamboes vanaf de zeebodem tot aan het te verwachten hoogwaterniveau in te kepen om de lucht te doen ontsnappen.
2. Aangezien droogvallen der peilschaal niet mag voorkomen, dient ten tijde van het plaatsen der peilschaal de waterstand boven het reductievlak bij benadering bekend te zijn. Is dit niet mogelijk dan plaatse men de peilschaal bij laagwater, rekening houdende met mogelijk nog lagere standen. Het plaatsen bij laagwater vergemakkelijkt tevens de werkzaamheden.
3. De plaats voor de op te richten peilschaal moet ten volle toegankelijk zijn voor de vrije getijbeweging, dus niet binnen een drempel van een rivier of in een kom. Moet gelood worden zowel buiten als binnen een drempel, dan plaatse men

meerdere peilschalen, teneinde de verandering, die de vrije getijbeweging door de drempel ondervindt, te kunnen bepalen.

Bij voorkeur zal men een beschutte plaats opzoeken, mits aan bovenstaande voorwaarde voldaan wordt. Nauwkeuriger aflezing door minder golfslag of deining zal mogelijk zijn indien de peilschaal in lij van land of van een eiland of een rif staat.

4. De peilschaal moet zuiver verticaal staan. Contrôle hiervan kan o.a. plaats vinden door op twee plaatsen, welke vanuit de peilschaal ongeveer 90° met elkaar verschillen en op enige afstand daarvan verwijderd zijn, een schietlood voor zich te houden en te kijken of de peilschaal hiermede samenvalt.
5. De peilschaal moet, hetzij met het blote oog of met de kijker, goed afleesbaar zijn vanaf het land, een sloep of het schip.  
Ter bevordering van een goede afleesbaarheid dient de peilschaal steeds helder in de verf te zitten.

(Voor het gebruik van de gewone peilschaal wordt verwezen naar „Overzicht der Getijleer ten dienste der hydrografische opneming”, par. 6.14. Uitgave 1949 van het Ministerie van Marine).

## 2.18 Registrerende peilschalen

Registrerende peilschalen zijn instrumenten, waarmee de verticale waterbeweging automatisch wordt geregistreerd. Zij kunnen zijn verplaatsbaar, of voorzien van een vaste opstelling.

De bij Hydrografie in gebruik zijnde peilschalen zijn van het verplaatsbare type.

Voor een uitgebreide beschrijving van dit type, de zgn. „registrerende peilschaal Smitt 1940”, wordt verwezen naar de bestaande werken op de Afdeling Hydrografie van het Ministerie van Marine (niet in de handel), terwijl een overzicht van dit instrument en de wijze van berekening wordt gegeven in „Overzicht der getijleer, ten dienste der hydrografische opneming”, uitgegeven in 1949 door genoemd ministerie.

Voor diegenen, die niet over deze werken beschikken, zal hieronder het instrumentale gedeelte van het toestel in het kort worden behandeld, aan de hand van enige foto's.

Het instrument (fig. 2.51 en 2.52) bestaat uit een gietstalen tafel (1), lang 52 cm en breed 26 cm. Aan de onderzijde van het toestel is een cilindrische ruimte (4) uitgespaard, waardoor de bourdonveer (2) in verbinding staat met de omringende watermassa, als het instrument, gesloten door een kap, in zee ligt.

Aan de voorzijde van het instrument is een schroeftap (3) aangebracht, waarop de diepinkabel kan worden gekoppeld (zie later). Wordt deze kabel niet gebruikt, dan wordt de schroeftap waterdicht afgesloten door een dopmoer.

Het toestel wordt, vóór het te water laten, afgesloten door een gietstalen kap, die met 12 bouten door middel van een caoutchouc ring waterdicht op de tafel kan worden geplaatst.

Aan de bovenzijde van de kap bevindt zich een schroeftap, waarop een luchtslang kan worden aangesloten (zie later).

De bourdonveer (2) is met haar vrije uiteinde verbonden aan een segment van de wijzeras (5). Aan deze wijzeras is verbonden de registreerpen (6), waardoor dus de bewegingen der bourdonveer op de wijzer vergroot worden overgebracht.

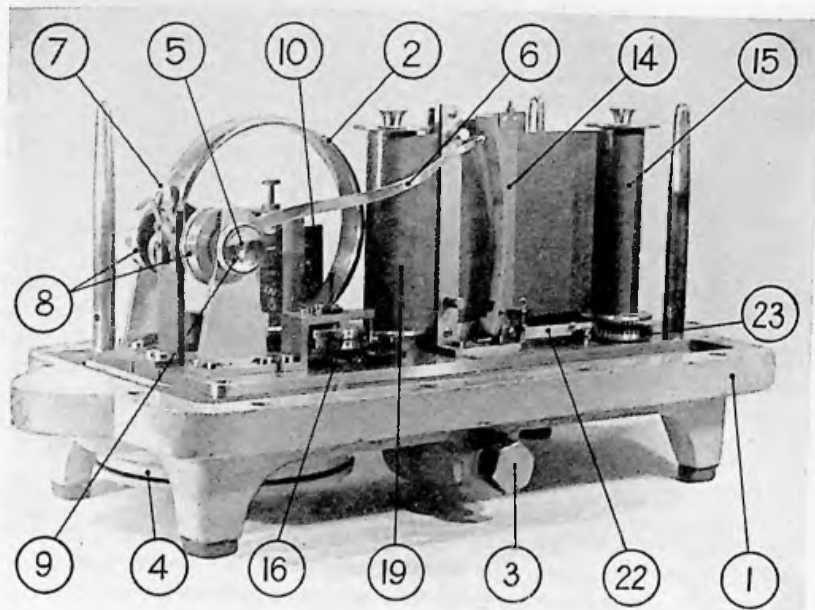


Fig. 2.51

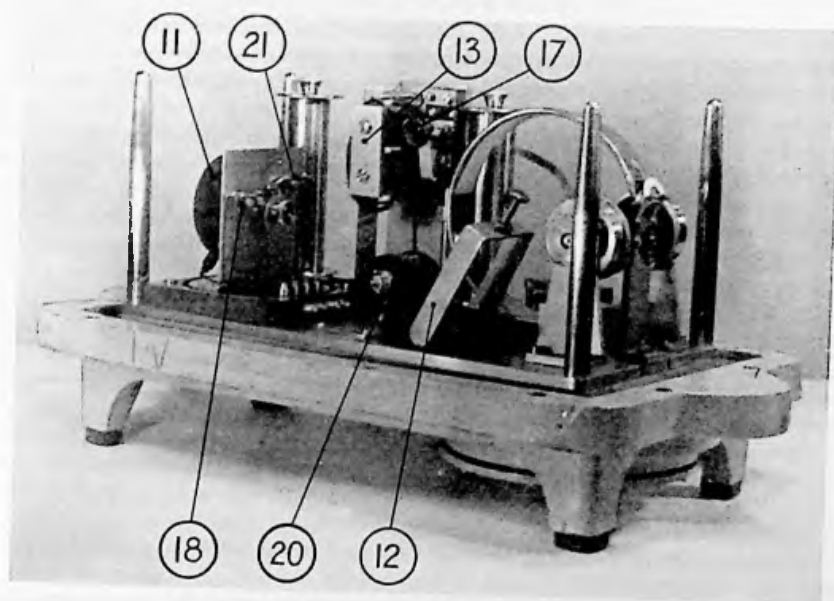


Fig. 2.52

De beweging van de bourdonveer wordt door de begrensinrichting (7) beperkt.

Op de wijzeras zijn gemonteerd een paar tegenspanningtrommels (8), die in een bepaalde stand kunnen worden vastgezet door de opsluitmoeren (9). Daar de tegenspanningveren, die zijn ondergebracht in genoemde trommels, zijn gekoppeld aan de wijzeras en de draaiing van deze as tegengaan, zal de kracht der bourdonveer eerst op een bepaalde diepte de veerspanning overwinnen, waarna de registreerpen gaat bewegen. Hierdoor is het mogelijk, door het stellen der veerspanningen, om vervallen te meten tot op 40 m diepte.

De beweging van de pen wordt ieder halfuur vastgelegd door het registreermechanisme, dat gecombineerd wordt door een electrisch uurwerk (11).

Dit uurwerk wordt gevoed door een batterij van 4,5 Volt (10), die ondergebracht is in een batterijhouder (12). Het uurwerk, dat opgesloten is in een waterdichte kast (op de foto weggelaten) bestuurt het halfuur-contact (18), dat ieder halfuur contact maakt en dan de spoelen (13) bekrachtigt. Hierdoor wordt het slagraam (14) aangegetrokken en wordt de scherpe punt van de registreerpen in het papier gedreven. Een afleeslijn op het papier wordt verkregen door de opvolgende prikken in het papier van een pen, die aan de onderzijde van het slagraam is aangebracht.

Het papier wordt bij iedere beweging van het slagraam iets opgeschoven, doordat de hefboom (22), die aan het slagraam vastzit, naar links beweegt en de papierrol gelegenheid geeft 1 tandje van rad (23) op te schuiven. Het papier tussen afwindrol (15) en opwindrol (19) wordt strak gehouden onder werking van de opwindveer (16), die door een sleutel kan worden opgewonden.

Teneinde fouten in het diagram te localiseren, wordt iedere 6 uur onder de prik van de afleeslijn door middel van spoel (20) een extra prik gegeven, die door het zgn. zesuurcontact (21) wordt gecombineerd.

Met behulp van knop (17) kan, teneinde het instrument te beproeven, met de hand contact worden gemaakt, waarbij het slagraam wordt aangetrokken.

Vier scepters in de hoeken van de tafel beschermen de onderdelen bij het plaatsen van de kap.

De luchtslang, die aan de kap van het instrument kan worden gekoppeld, dient ervoor om, bij te waterliggend instrument, boven water te worden bevestigd, teneinde de luchtdruk in en buiten het instrument gelijk te houden. In de praktijk wordt deze slang echter vrijwel nimmer gebruikt en brengt men correcties aan op de aanwijzingen van het instrument voor variaties in luchtdruk gedurende de tijd, dat het instrument te water ligt.

Het *ijken* van het instrument wordt in de praktijk „diepen” genoemd en kan geschieden door aan het instrument aan schroef (3) een diepingkabel te bevestigen. Door de contactinrichting boven water te sluiten, kan men dan bij te water liggend instrument prikken geven, waarbij het op verschillende diepten wordt afgevierd. Op deze wijze kan men een ijkingsdiagram verkrijgen, dat echter, zoals in de praktijk is bevonden, niet bevredigend is. Teneinde dit bezwaar te ondervangen, werd door de Verificatie van 's Rijks zeeinstrumenten te Leiden het diepinginstrument „Verificatie” geconstrueerd, waarbij het mogelijk is, het instrument zeer nauwkeurig te iken.

Dit toestel (zie fig. 2.53), ook wel „drukbalans” genaamd, bestaat uit de volgende onderdelen:

Op de grondplaat (A) zijn opgesteld: een waterreservoir (B), een perspomp (C), een oliereservoir (D), een cilinder met zuiger (E), een vizier (F) en een niveau (G).

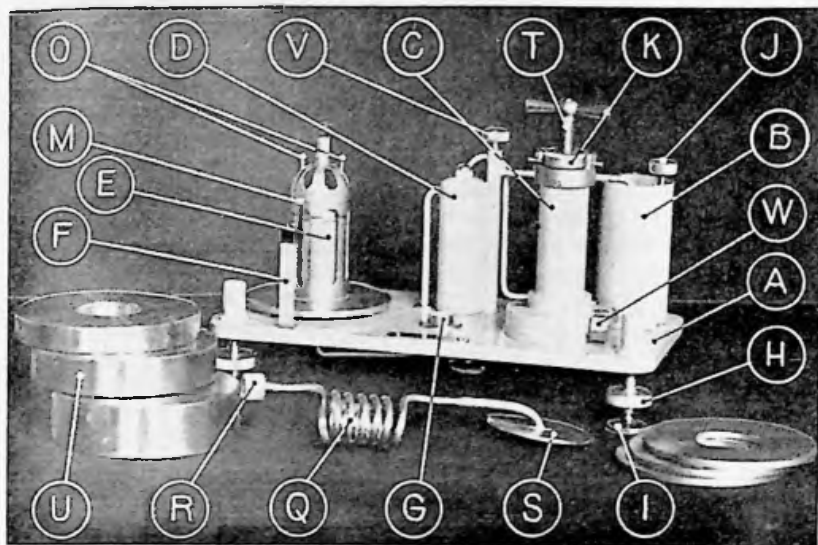


Fig. 2.53

De grondplaat (A) is voorzien van drie voetschroeven (H), die rusten op de losse voetplaatjes (I). Met behulp van de voetschroeven en het niveau kan het instrument horizontaal worden gesteld.

Het waterreservoir kan met behulp van kraan (J) worden afgesloten. Een klep (op de foto niet te zien) van de perspomp wordt door een veer omhoog gedrukt en opent zich alleen, wanneer de zuigerstang (T) omlaag wordt geschroefd in de moer (K). De moer (K) kan door middel van een bajonetsluiting gekoppeld worden aan de pompcilinder en vormt dan een vast punt.

Het oliereservoir (D) is aan de bovenzijde voorzien van een vulopening, die afgesloten wordt door een schroefje. Het reservoir wordt gevuld met een mengsel van tololie en witte petroleum. In de verbindingsbuis tussen perspomp en olie-reservoir bevindt zich de ontluftingskraan (V) met aftapbuis.

Op de zuiger van cilinder (E) kan de klok (M) worden geplaatst, waarop ringen van verschillend gewicht (U) worden gezet. Door middel van de pennen (O), die in openingen van de klok passen, zijn klok en zuiger aan elkaar gekoppeld.

Cilinder (E) is voorzien van een rondgaande merklijn. Klok (M) is aan de zijden opengewerkt, terwijl op de staande banen merkstrepen zijn aangebracht.

De getijmeter wordt door middel van de verbindingsbuis (Q) gekoppeld aan de drukbalans. Hiertoe is het ene einde voorzien van een moer met pakkingring (R), die op de aansluiting (W) van de drukbalans wordt gekoppeld, terwijl aan het andere einde de diepingplaat (S) is gesoldeerd.

Door de ruimte in het onderdekse (4) (zie fig. 2.51) en verbindingsbuis (Q) met water te vullen en daarna verbindingsbuis (Q) aan instrument en drukbalans te koppelen, wordt de lucht zoveel mogelijk verwijderd. Door kraan (J) van het met water gevulde waterreservoir (B) te openen en de moer (K) los te koppelen, kan de zuiger omhoog worden gehaald, waardoor water uit het waterreservoir in de

pompcilinder wordt gezogen. De moer wordt langs de zuigerstang omlaag gedraaid, waarna ze met de bajonetsluiting wordt vastgezet. Sluit men nu kraan (J) en draait men de zuigerstang omlaag, dan wordt door de waterdruk de vorenvermelde klep geopend en deze druk overgebracht naar het prikkerinstrument en tevens via de olie in het oliereservoir op de zuiger in de cilinder (E), die zich omhoog tracht te bewegen, hetgeen verhinderd wordt door de gewichten op de klok. Wordt de druk der perspomp groter dan die der gewichten, dan zal de zuiger met klok (M) zich omhoog bewegen. Om de wrijving tussen zuiger en cilinder tot een minimum te beperken en hierdoor de nauwkeurigheid van het instrument te vergroten, wordt de klok en dus de zuiger met de hand in draaiende beweging gehouden. Valt de merklijn vizier-merk klok en merk op cilinder (E) samen, hetgeen door het draaien der klok zeer nauwkeurig is vast te stellen, dan heeft men een bekende druk bereikt. Door een prik op het papier te geven met handcontact of diepingcontact (bij dichte kast), wordt de wijzerstand vastgelegd bij een bepaalde bekende druk. Het dieping-apparaat is met een nauwkeurige kwikmanometer geijkt, waarbij is nagegaan, hoeveel millimeter kwik nodig is om met een bepaald gewicht op de klok, deze tot de genoemde merklijn omhoog te brengen. Het aantal gevonden millimeters kwik is omgezet in waterdiepten van een bepaald soortelijk gewicht. Deze resultaten zijn vastgelegd in een ijkingstabel, die bij het diepingapparaat wordt verstrekt.

*Het leggen en lichten van prikkerpeilschalen geschiedt als volgt :*

De prikker wordt opgehangen in een voor dit doel geconstrueerde driepoot. Aan de top van de driepoot wordt een ketting en een manillatros bevestigd. De ketting wordt verbonden aan een zinkstuk, waaraan tevens een ketting met boei is aangesloten. De ketting driepoot-zinkstuk moet langer worden genomen dan de boeiketting om onklaar raken van deze laatste met de driepoot bij stroomkentering te voorkomen. Bovendien moet de afstand driepoot-zinkstuk voldoende groot (minstens 60 m) worden gemaakt om bij eventueel verdwijnen der boei het terugvinden door dreggen mogelijk te maken.

Alvorens de peilschaal te leggen, wordt nagegaan, of het mogelijk is, het instrument in een merklijn te leggen. Men heeft dan het voordeel, dat men, bij eventueel verloren gaan der boei, leiding heeft bij het opdreggen.

Gecontroleerd wordt met drijvend schip en met echolood en met handlood of de zeebodem, waar het instrument moet komen te liggen, vlak is en geen zandgolven vertoont, teneinde scheefvallen van het instrument te voorkomen. Ook mag de bodem niet te zacht zijn, daar anders het toestel er in wegzakt.

Heeft men de gewenste plaats gevonden, dan gaat men bij voorkeur ten anker en steekt voldoende ketting. Het instrument, dat in de driepoot met schiemansgaren is bijgebonden, wordt op het achterschip (achter de schroeven) voorzichtig aan de manillatros buitenboord gehesen, waarna men het op de zeebodem laat zakken. De verbindingsketting driepoot-zinkstuk wordt bijgestoken, terwijl de ankerketting langzaam wordt doorgehieuwd. Het einde der manillatros wordt op de verbindingsketting vastgemaakt en men gaat door met inhieuwen en bijsteken, totdat de verbindingsketting bijna stijf komt te staan, waarbij men moet oppassen de driepoot niet om te trekken. Men stopt nu met ankerhieuwen en snijdt de snijstrop, waarmede het zinkstuk aan de reling is bijgebonden. Het zinkstuk valt en de tonketting, die in bochten op de verschansing is opgehangen, loopt af. Even later wordt de snijstrop, waarmede de boei buitenboord is bijgehouden, gesneden en is de legging gereed.

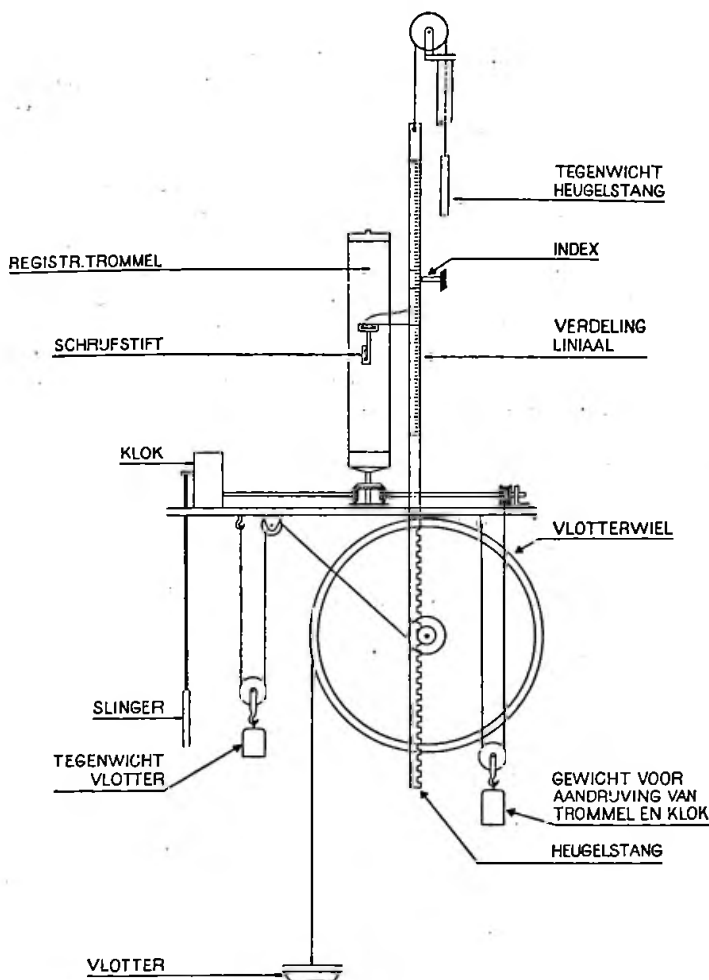


Fig. 2.54

Gedurende de legging van het instrument worden de volgende notaties gemaakt: temperatuur lucht en zeewater, s.g. zeewater, barometerstand, richting prikkersteen, gemeten hoeken en tijd, dat het instrument te water wordt gelaten.

- Het lichten van de prikker geschiedt doorgaans ten anker. Geankerd wordt ruim bovenstrooms van de ton, daarbij zorg dragende, dat het anker niet op de prikker valt of onklaar raakt van de verbindingsketting en zinkstuk. I.v.m. de heersende stroom en/of wind make men een schet je van de onderlinge ligging van boei, zinkstuk en prikker, teneinde op de meest geschikte plaats ten anker te kunnen komen.

Bij het inhieuwen van de ketting moet zoveel ankerketting worden bijgestoken en met de schroeven worden gemanoeuvreeerd, dat de verbindingsketting op en neer blijft. De manillatros wordt bij het inhieuwen apart opgeschoten. Zij geeft aan-



wijzing in welke richting de prikker ligt. De driepoot wordt tenslotte door het inpikken van een stalen tros in de ketting (en zo nodig verpakken) ingedraaid. Temperatuur zeewater en s.g. worden opnieuw bepaald, terwijl de tijd van het boven water komen van het instrument wordt genoteerd.

Bij de Algemene Dienst van de Rijkswaterstaat zijn in gebruik de *registrerende vlotterpeilschaal* en de *mechanisch pneumatische peilschaal*.

Daar de Hydrografische Dienst het meest te maken heeft met de vlotterpeilschaal, volgt hieronder een korte beschrijving (zie fig. 2.54):

Het hoofdkenmerk van de vlotterpeilschaal is, dat de hoogte van de waterspiegel door middel van een *mechanische overbrenging* wordt geleid naar de registreertrommel. Het gehele toestel wordt geplaatst *boven een put*, waarin het water in vrije gemeenschap staat met het buitenwater, hetzij door een toeleidingsbuis beneden in die put, dan wel in enkele gevallen door een hevelbuis.

In de peilschaalput van 50 à 70 cm diameter drijft een *vlotter*. Aan de vlotter is een *vlotterdraad* van *invar* staal bevestigd teneinde de invloed van temperatuurswisselingen zo gering mogelijk te houden. Deze draad is geslagen om het *vlotterwiel* en wordt strak gehouden door het *tegenwicht* van de vlotter, dat geslagen is om een schijf van kleinere diameter dan het vlotterwiel, teneinde bewegingen van het tegenwicht te beperken.

De draaiende beweging van het vlotterwiel wordt weer in een verticale omgezet door middel van een rondsel met *heugelstang*. De diameter van het rondsel is  $\frac{1}{20}$  van die van het vlotterwiel, zodat de verkleining der vlotterbeweging eveneens  $\frac{1}{20}$  bedraagt.

De heugelstang is van een verdeling voorzien, waarop de waterstand aan de index direct is af te lezen. Het gewicht van deze stang wordt uitgebalanceerd door een tegenwicht. Aan de heugelstang is de *schrijffen* bevestigd aan de consolevormige uithouder. Deze schrijffen rust tegen de *registreertrommel*.

De draaiing van de trommel geschiedt door een *klok* met een lange teakhouten slinger. De klok wordt aangedreven door een gewicht, dat een as doet draaien die tevens de registreertrommel meeneemt. Bij de meeste toestellen maakt de trommel één omwenteling per dag. Bij de toestellen der peilschalen langs de bovenrivieren in Nederland één omwenteling in 4 of 8 dagen.

De trommel staat los op een draaiend tafeltje en kan zowel recht als ondersteboven worden geplaatst. Het formaat der bladen is zo gekozen dat in normale gevallen de kromme op de onderste helft van het blad wordt geschreven. Door omkering van de trommel kan dan op hetzelfde blad nog een kromme worden opgetekend zonder dat verwarring ontstaat.

Voorts is er een inrichting aan de klok aangebracht, die om het hele of om het halve uur de schrijffen gedurende ongeveer vijf minuten oplicht van het blad. (Deze inrichting is niet weergegeven op het principeschema). Op precies het hele en het halve uur valt de pen weer op het blad, waarmee een nauwkeurige tijdscontrole verkregen wordt.

Deze onderbrekingen treden op gedurende twee dagen om het hele uur, daarna twee dagen om het halve uur, twee dagen om het hele uur en zo vervolgens.

Bovendien wordt gebruik gemaakt van blauwe en rode inkt.

De geregistreerde krommen hebben dus twee onderscheidende kenmerken, namelijk het type der onderbrekingen en de kleur. Er kunnen dus zonder gevaar voor

verwarring vier krommen op elke helft van het blad geregistreerd worden, zodat elk blad desgewenst acht dagen beschreven kan worden.

De bedoeling daarvan is, om het aantal bladen per jaar zo gering mogelijk te houden, hetgeen vooral in verband met het opbergen een zeer dringende eis is.

## 2.19 Stroommeters

Voor het verkrijgen van een inzicht in de horizontale getijbeweging dienen gedurende de hydrografische opneming stroomwaarnemingen verricht te worden, waarbij de richting en de sterkte van de stroom permanent of met regelmatige intervallen worden opgetekend. Men kan hiervoor gebruik maken van verschillende methoden, welke in twee hoofdgroepen zijn onder te verdelen.

a. *Drijvende voorwerpen*, waarbij men kan onderscheiden:

- (1) losdrijvende voorwerpen, waarvan de positie door een meevarend vaartuig of van plaatsen aan de wal bepaald wordt;
- (2) voorwerpen verbonden aan een loglijn, welke van een ten anker liggend vaartuig worden uitgezet en waargenomen.

b. *Stroommeters*, welke van een ten anker liggend schip worden afgevierd of aan een boei bevestigd worden en voorzien zijn van een registreermechanisme voor het optekenen van de stroomwaarnemingen.

Algemeen geldt, dat elke waarneming gedaan van een ten anker liggend vaartuig een relatieve beweging van het voorwerp t. o. v. het schip oplevert. Een op stroom ten anker liggend schip ligt zelden volkomen stil, zodat elke waarneming door onbekende foutjes zal zijn aangedaan, tenzij men de beweging van het vaartuig over de grond kan bepalen en in rekening brengen.

Voor een verdere uiteenzetting over dit onderwerp wordt verwezen naar „Overzicht der getijleer ten dienste der hydrografische opneming”, uitgegeven door het Ministerie van Marine (1949) en wel par. 7.2 voor stroommetingen, par. 7.3 voor een kort overzicht van stroommeters en par. 7.4 voor stroomwaarneming met de log Orion, welke methode algemene toepassing vindt bij de Hydrografische Dienst.

## 2.20 Areometers

Voor het bepalen van de voortplantingssnelheid van het geluid in water (nodig voor het instellen van de juiste omwentelingssnelheid bij het echolood) moeten temperatuur, druk en zoutgehalte bekend zijn (VVKM 6, par. 6300).

De invloed van de druk kan bij kleine diepten verwaarloosd worden. Voor grote diepten is met haar invloed rekening gehouden in de diverse tabellen, die voor verschillende plaatsen de voortplantingssnelheid van het geluid in zeewater geven (Hydrografische Tafels 1950 en „Tables of the velocity of sound in pure water and sea water for use in echo-sounding and sound-ranging” (HD 282) ).

De temperatuur wordt op de bekende wijze met een zeewaterthermometer bepaald en in graden Celsius afgelezen.

Het zoutgehalte wordt uitgedrukt in ‰ (zoetwater 0 ‰) en bedraagt gemiddeld 35 ‰ (d.w.z. in 1000 gram zeewater zijn 35 gram opgeloste stoffen begrepen). De verschillende zouten zijn onderling steeds in nagenoeg gelijke verhoudingen aanwezig, zodat het duidelijk is dat zoutgehalte en soortelijk gewicht nauw met elkaar verband

houden. Daarom is het niet nodig het zoutgehalte rechtstreeks met een zogenaamde salinometer te bepalen, welk instrument dan ook niet aan de opnemingsvaartuigen verstrekt wordt. Men berekent het zoutgehalte uit het met de areometer gevonden soortelijk gewicht.

Er zij echter op gewezen, dat het soortelijk gewicht ook afhankelijk is van de temperatuur van het water, omdat de dichtheid met de temperatuur verandert. Zo heeft gedistilleerd water een grootste dichtheid bij  $+4^{\circ}\text{C}$ .

Het s.g. van gedistilleerd water bij  $4^{\circ}\text{C}$  is 1.000, een waarde die bij de ijking van areometers wordt gebruikt.

Van areometers bestaan twee soorten, die met constant volume en die met constant gewicht. De eerste zijn geheel in onbruik geraakt. De laatste, ook wel densimeters of vochtwegers (Eng. hydrometer) genaamd, bestaan uit een gesloten glazen buis, van onderen verbreed en van een gevulde kom voorzien; aan de bovenzijde gevormd tot een dunne steel, waarin een verdeling is aangebracht, waarop direct het soortelijk gewicht kan worden afgelezen.

Om het breekbare instrument niet te lang en daarmee te kwetsbaar te maken, worden steeds twee areometers met thermometer in etui verstrekt; één heeft een schaalverdeling van 1.000 tot 1.020 en de tweede van 1.020 tot 1.040. Op het certificaat is vermeld de eventuele indexcorrectie en bij welke temperatuur de areometer juist aanwijst.

Een aanwijzing als „S  $\frac{15^{\circ}}{4^{\circ}}$ ” betekent, dat het afgelezen soortelijk gewicht juist is bij een zeewatertemperatuur van  $15^{\circ}\text{C}$  en bij een temperatuur van gedistilleerd water van  $4^{\circ}\text{C}$ . Bij Engelse meters vindt men b.v. vermeld „D  $\frac{15^{\circ}}{4^{\circ}}\text{C}^{\circ}$ ” (D = density) of „D  $\frac{60^{\circ}}{40^{\circ}}\text{F}^{\circ}$ ”. Het is duidelijk, dat voor het *vergelijken* van het zoutgehalte op verschillende plaatsen deze waarden tot een zelfde temperatuur moeten worden herleid. Deze standaardtemperatuur wordt door het Britse Rijk en de Verenigde Staten op  $15^{\circ}\text{C}$ , door Frankrijk op  $4^{\circ}\text{C}$  en door de Duitsers op  $17,5^{\circ}\text{C}$  vastgesteld.

De aflezing geschiedt en de correcties zijn bepaald tot op een halve eenheid van de derde decimaal.

Voor nauwkeuriger werk moet de schaal als het ware uitgerekt, dus het dunne bovenende verlengd worden. Men heeft dan echter een stel van 3 of 4 areometers nodig.

Soms wordt bij de areometers een doorzichtig plastic hulsje verstrekt, dat ruim over het nauwe gedeelte van de meter past. Hiermede kan men zorgen, dat de meter vrij blijft van de wand van het glas, zonder het instrument zelf met de hand te behoeven aan te raken.

Voor een verdere gebruiksaanwijzing wordt verwezen naar Tafel XXVa met toelichting in de „Hydrografische Tafels 1950”.

## 2.21 Loodlijn

Bij de Koninklijke Marine en de Nederlandse Koopvaardij wordt een handloodlijn gebruikt van 18 draads, driestrengs henneptouw, ongeteerd, links geslagen en met een breeksterkte van 475 kg. De overeenkomstige lijn voor het vroeger gebruikte zware lood was 27 draads, met een breeksterkte van 710 kg.

De onderverdeling geschiedt bij de Marine tot in meters, bij de Koopvaardij tot in vademmen of vademmen en voeten.

Deze lijnen zijn aan voortdurende rek en krimp onderhevig; aan boord der opnemingsvaartuigen werden de henneptouwen loodlijnen tot ongeveer 15 jaar geleden gebruikt. Uiteraard was de controle op de juistheid der merken hier zeer streng en had dagelijks plaats. Het nat maken, opnieuw rekken en zo nodig overmerken van de wederom nat gemaakte lijn geschiedde wekelijks. Desondanks werden soms afwijkingen van 6 dm op 10 m geconstateerd. Het is dus begrijpelijk, dat op andere schepen met deze lijnen nog groter fouten kunnen worden verwacht. Het bovenstaande wordt dan ook slechts vermeld om een denkbeeld te geven van de nauwkeurigheid der aangelode diepten als gevaren gerapporteerd en door een opnemingsvaartuig nader onderzocht moeten worden.

Om bovenvermelde onnauwkeurigheden te vermijden, werd de henneptouwen loodlijn vóór de laatste oorlog bij de Hydrografische Dienst geheel vervangen door Samson tiller rope no. 8, een gevlochten geprepareerde katoendraadlijn om een phosphorbronzen hart met een diameter van  $\frac{1}{4}$ " en van Amerikaans fabrikaat. Zoals de naam aanduidt was deze lijn eigenlijk bedoeld voor stuurrepen.

In 1950 werd opdracht gegeven tot het vervaardigen van dergelijke lijn in ons land. Daarbij werd rekening gehouden met zo groot mogelijke soepelheid (de katoendraad niet al te stijf gevlochten, doch juist voldoende om het phosphorbronzen hart met de omvlechting één geheel te doen vormen). Blanke katoendraad wordt gebruikt, terwijl na gereedheid de lijn door een bad van gesmolten was wordt gevoerd. Hiermede gaat iets van de soepelheid verloren, doch de lijn gaat minder snel achteruit in sterkte door weersinvloeden (verstikken of ververen). De geconstateerde maximum rek bedroeg op 50 m lengte 1 dm, dus geheel te verwaarlozen. Deze lijn is thans op alle opnemingsvaartuigen van de Koninklijke Marine in gebruik.

De samenstelling is als volgt: het phosphorbronzen hart bestaat uit 5 strengen, met zon ineengeslagen rond een hart van katoendraad; elke streng uit 7 draden, die tegen zon geslagen zijn. Rondom en langs het phosphorbronsdraad ligt een ongeslagen streng van een groot aantal katoendraden, die wordt opgesloten door 8 strengen, elk van 12 katoendraden. Deze strengen zijn als ronde platting gevlochten. De omtrek van de lijn is 22 mm.

Alhoewel de lijn gevlochten is en dus zowel met zon als tegen zon opgeschoten kan worden, verdient het toch aanbeveling dit steeds op dezelfde wijze te doen, om op den duur onklaar lopen der bochten te voorkomen. Het ligt dus voor de hand steeds *met zon* op te schieten, aangezien het phosphorbronzen hart met zon geslagen is.

De verdeling der lijnen geschiedt steeds vanaf de *onderzijde* van het lood; dit moet dus eerst via het met leer beklede staaldraad stropje aan een oog van de lijn bevestigd worden. De lengte der lijnen bedraagt voor de sloep 40 m, voor het schip 50 m. Er is echter geen bezwaar hiervan af te wijken als de terreinomstandigheden of het ontbreken van Lucaslodingmachine en echolood hiertoe aanleiding geven. Op 3, 13, 23 . . . m brengt men een lapje van rood katoen aan; op 5, 15, 25 . . . m van wit katoen; op 7, 17, 27 . . . m van blauw katoen. Op 10 m een leertje met 1 gaatje; op 20 m met 2 gaatjes, . . . ; de overige hele meters worden gemerkt met een eindje lijn. Van 0—15 m wordt de lijn verder nog onderverdeeld in halve en kwart meters; op de halve meters een lusje, op  $\frac{1}{4}$  en  $\frac{3}{4}$  meters een kort eindje lijn; van 15 tot 25 m worden alleen de halve meters gemerkt.

Het insplitsen der merken moet voorzichtig geschieden, zodat katoendraad en phosphorbronzen hart niet beschadigd worden. Men gebruikt hierbij een marlspijker

en zorg er voor, dat het merk *niet* door het hart gestoken wordt. Het merk wordt tenslotte op de lijn vastgenaaid.

Een nieuwe lijn wordt eerst in zeewater gelegd, vervolgens gerekt met ballast-schuitjes en daarna in vochtige toestand gemerkt. Eens per maand controleren is verder voldoende, waarbij men, behalve op de juiste plaats der merken, er ook op let, dat deze nog goed bevestigd zijn.

Voor het gemakkelijk wegwerpen van het lood wordt met zeilgaren op de lijn een kneveltje gebindseld. Dit moet op een zodanige afstand van de onderkant van het lood worden aangebracht, dat de loder, met de hand aan het kneveltje, in voorovergebogen stand met het lood niet het zeeoppervlak bereikt, daarbij rekening houdende met de vorming van de boeggolf en eventueel met zeegang. Voor sloepen bedraagt genoemde afstand 0,75—1 m, voor opnemingsvaartuigen 2—4 m.

Bij het loden denke men aan de eventuele fout, die bij het aflezen optreedt, indien de loodlijn in de stand „recht op en neer” juist in een golfdal of golftop van de boeggolf ligt. Voor de golven, ontstaan door zeegang, wordt niet gecorrigeerd; overigens vermijde men zuiver lodingwerk te verrichten bij zeer slecht weer of in de golftop of golfdal, die door de vaart van schip of sloep ontstaat.

## 2.22 Lood

De loden bestaan uit zes- of achthoekige pyramiden, zoals de naam reeds aanduidt, van lood vervaardigd.

De bovenkant is afgeplat en van een oog voorzien, hierin wordt een met leer bekleed staaldraad stropje gesplitst<sup>1)</sup>; de onderkant is uitgehold voor het nemen van bodemonsters met behulp van vet of talk.

Sloepsloeden wegen 3 kg, de handloeden voor scheepsgebruik 6 kg, de grootste doorsnede bedraagt in beide gevallen niet meer dan 5 cm. Bij veelvuldig gebruik op steenachtige bodem kan het grondvlak uitstulpen, hierdoor wordt de snelheid van zinken geringer. Met een hamer kan gemakkelijk de oorspronkelijke vorm weder voldoende verkregen worden.

Op een zachte, breiige bodem gebruikt men de z.g. modderloeden, eveneens van 3 kg gewicht, met een breed grondvlak van 10 cm diameter en 3 cm hoogte, ter voorkoming van snel wegzakken in de bodem.

Voor de Lucas handlodingmachine wordt het sloepslood van 3 kg gebruikt.

Bij de Kelvite lodingmachine worden „loeden” verstrekt van holle pijp (diameter 35 mm), lang 165 cm, van binnen gevuld met lood met een uitsparing van onderen. Het gewicht bedraagt 14,3 kg.

Voor de diepzeedraatlodingmachine worden tot een diepte van 2000 m loden gebruikt van ongeveer 12 kg van peervormig model. Voor grotere diepten heeft men loden, die bij het raken van de zeebodem loslaten en dus bij elke loding verloren gaan (zie par. 2.26).

## 2.23 Slaggaard

Een slaggaard is een ronde stok van essenhout vervaardigd en met een doorsnede van ong. 50 mm. De korte slaggaard heeft een verdeling tot 44 dm, de lange tot 60 dm. De laatste is evenwel door haar grote lengte in de sloep niet goed bruikbaar.

<sup>1)</sup> Tegenwoordig wordt de loodlijn ook wel rechtstreeks of via een harpsluiting op het lood bevestigd. Het oog in de loodlijn bestaat uit een halve steek, waarbij òn de steek òn de tamp met zeilgaren stovig aan de lijn moeten worden gebindseld.

De slaggaard is zwart geschilderd met witte cirkels van  $\pm 5$  mm dikte op afstanden van een decimeter van elkaar. De aldus ontstane vakken worden van onderen af doorlopend met witte cijfers gemerkt, aangevende het aantal dm diepte, dat wordt aangelood.

Ter onderscheiding worden de vakken 3, 13, 23 . . . dm niet zwart, doch rood geschilderd; 5, 15, 25 . . . dm wit (met zwarte cijfers); 7, 17, 27 . . . dm blauw en 10, 20, 30 . . . dm oranje.

Op zachte grond wordt de slaggaard aan de onderkant van een druif voorzien, die moet voorkomen, dat men in de modder steekt. Niet alleen zou daardoor de afgelezen diepte te groot zijn, doch ook bestaat de kans, dat men bij enige vaart de slaggaard niet tijdig er uit kan trekken; deze blijft dan achter of breekt af.

De druif geeft echter veel weerstand bij enige vaart, zodat het dan lastig wordt de slaggaard weer naar zich toe te halen.

Gewezen wordt hier op de mogelijkheid van foutieve diepte-aanwijzing, doordat het water bij enige vaart vóór tegen de stok oploopt. Deze fout wordt enigszins voorkomen door te zorgen, dat men bij het aflezen de cijfers steeds aan de achterkant heeft. Indien de slaggaardsteker vooruit staat, kan de afgelezen diepte steeds in het golfdal of steeds in de golftop van de boeggolf vallen, hetgeen bij een constante vaart een constante fout geeft. Hiermede moet wel degelijk rekening gehouden worden. Het eenvoudigst is dit te doen door de vaart voldoende te verminderen. De slaggaard moet bij het aflezen zuiver verticaal staan.

## 2.24 Lucas handlodingmachine

Dit is een verplaatsbaar toestel, dat met vier bouten op een bordesje op het achterdek van een motorsloep kan worden vastgezet. Het bevat een trommel met ongeveer 300 m gegalvaniseerde draad, bij voorkeur pianodraad, echter wordt ook wel gevlochten draad gebruikt. Verstrekt worden twee handels, die bij het indraaien op de as van de trommel worden geschoven. Aangezien deze handels soms meedraaien met de trommel, verdient het aanbeveling in dat geval voor het loden de handels af te nemen, teneinde ongevallen te voorkomen.

Vanaf de trommel loopt de draad over het wiel van een achter het toestel opgehangen telwerk. Dit telwerk geeft uit het aantal omwentelingen van het wiel de hoeveelheid afgelopen draad in meters aan.

Als lood gebruikt men het sloepslood van 3 kg en op diepten van meer dan ongeveer 50 m het handlood van 6 kg. Bij gebruik van het laatste is de zinksnelheid groter, het tijdverlies voor elke loding dus geringer, terwijl bovendien het aanloten van de grond beter wordt opgemerkt (zichtbaar aan het plotseling komen van „loos” in de draad).

Bij het bereiken van de grond wordt het aflopen van de draad belet door het verder draaien van de trommel te stoppen met de erbij aangebrachte klemschroef.

Men leest de diepte af, zet zo nodig de handels op en draait (bij voorkeur met twee man) weer in.

De lodingdraad wordt rechtstreeks op het lood bevestigd met een rondtorn en een paar halve steken. Op steen- of koraalgrond gaat nogal eens het lood met een gedeelte van de draad verloren; een flinke reservevoorraad in de sloep is dan ook gewenst.

Om kinken van de draad zoveel mogelijk te voorkomen, houde men zich gereed de klemschroef aan te draaien, zodra de geschatte diepte is bereikt. Het telwerk

wordt afgelezen op het moment, dat er loos in de draad komt; zou men wachten tot de klenschroef is aangedraaid, dan is de afgelezen diepte te groot.

Na het indraaien controleert men of het telwerk weer op nul staat, zo nodig doet men dit met de hand. Het laatste is steeds noodzakelijk als de draad gebroken is.

Is door veelvuldig breken veel draad verloren gegaan, dan moet aan de hand van de te verwachten diepten hetzij een nieuwe rol op de trommel worden overgebracht, hetzij door splitsen van een nieuwe draad op de oude (indien gevlochten draad wordt gebruikt) weder voldoende lengte worden verkregen.

Tijdens het loden moet de sloep ten opzichte van het water stilliggen, waarbij er vooral op moet worden gelet dat de draad niet onklaar raakt van de schroef. Het gemakkelijkst is het hierbij, als de roerganger zich achteruit op de sloep bevindt, zodat hij zelf steeds kan controleren dat de draad recht op en neer blijft staan.

Bij het indraaien kan zonder bezwaar vaart vooruit worden gelopen, nadat eerst enige meters zijn ingedraaid. Hierdoor wordt niet alleen alle loos weggenomen, doch men voorkomt ook, dat de draad breekt op nabij liggende verheffingen van de zeebodem.

Bij langdurig gebruik zal de omtrek van het wiel van het telwerk afslijten, waardoor de afgelezen diepte te groot is.

Bij eerste ingebruikneming van een telwerk zal een eventuele correctie op de aflezing bepaald moeten worden. Deze correctie is recht evenredig met de afgelezen diepte.

Na slijtage zal de correctie opnieuw moeten worden bepaald; zo nodig vernieuwe men het geleidewiel van de draad; het telwerk zelf is zodanig ingericht, dat slijtage van de tandwielen geen invloed heeft op de nauwkeurigheid van de aanwijzing.

## 2.25 Kelvite lodingmachine

Hiervan bestaan twee soorten; bij één type wordt de draad met de hand ingedraaid, bij het andere met een electromotor. Alleen de laatste is bij de opnemingsvaartuigen in gebruik en zal hier worden beschreven.

In tegenstelling met de Lucas handlodingmachine en de diepzeedraadlodingmachine kunnen hier de lodingen worden verricht terwijl het schip vaart loopt.

De trommel bevat 540 meter gegalvaniseerd staaldraad. Om onklaar geraken van de schroeven te voorkomen, wordt het einde over een rol geleid, die aan een mof over het einde van een spier is geschoven.

Aan de lodingdraad wordt een voorloop van gevlochten katoendraad bevestigd, die niet korter dan 27 dm mag zijn. Deze voorloop dient niet alleen om de houder met lodingbuisjes er aan te bevestigen, doch tevens om kinken en breken van de draad te voorkomen als het lood op de grond komt.

Aangezien de voorloop niet door de rol kan passeren en aan het einde van de voorloop het lood met een lengte van 16,5 dm wordt bevestigd, moet de rol en daarmee de spier op een hoogte van tenminste  $27 + 16,5 = 43,5$  dm boven het zeeoppervlak worden aangebracht. In verband met zeegang en dus slingeren zal in de practijk deze hoogte nog groter moeten worden genomen. Aan boord der opnemingsvaartuigen betekent dit een plaatsing ter hoogte van het brugdek en om redenen van doelmatigheid (rechtstreeks toezicht) wordt het toestel dan ook op of direct achter de brug geplaatst, waarbij de spier ongeveer één dm hoger wordt geplaatst dan het hoogste punt van de trommel en zoveel voorlijker, dat de draad naar de rol practisch evenwijdig aan de spier loopt.

De spier moet een lengte hebben van 9 tot 12 m, waardoor voorkomen wordt, dat de draad in de schroef komt bij kleine, kort durende roeruitslagen, zoals deze nodig zijn om het schip op koers te houden of geringe koersveranderingen uit te voeren. Opgemerkt wordt nog, dat vóór het loden de patentlog hetzij aan de andere zijde van het schip uitgezet, hetzij ingenomen moet worden.

De doorsnede van de spier bedraagt max.  $5\frac{1}{2}$ ", zodat de mof met rol er langs kan glijden. Deze mof is daartoe voorzien van lederen manchetten, terwijl verder de inhaler en uithaler er aan worden bevestigd en binnenboord belegd. De uithaler loopt over een rol, die aan het uiteinde van de spier is ingelaten. Aan dit uiteinde zijn tevens vastgemaakt de hanger en de voor- en achtergeien. Hanger en één der geien kunnen desgewenst een vaste lengte hebben, de andere gei wordt bij het uitvoeren van de spier met een derdehand stijfgehaald en belegd.

Aangezien tijdens het indraaien van het lood steeds enige loos in de achtergei komt en deze daarmee kans loopt tegen de lodingdraad te schavielen, moet die gei aan het boven einde van de spier worden bevestigd.

De draad loopt vanaf de machine door een opening in reling of verschansing naar buiten. Deze opening moet voldoende diep naar beneden doorlopen om tijdens het loden de draad goed naar beneden te kunnen drukken met het daartoe verstrekte haakje.

Het lodingtoestel bestaat uit een opengewerkte stoel, waarin een horizontale as langscheeps is aangebracht. Deze as kan zowel met de hand als door overbrenging via conische tandwielen door middel van een aangehangen electromotor gedraaid worden. Wordt de laatste gebruikt — hetgeen regel is —, dan moet het handwiel worden afgenomen, aangezien het snelle ronddraaien gevaar oplevert.

Gerekend vanaf het voorschip is verder om de as aangebracht het remhandwiel, een wiel met palrand, de trommel met lodingdraad, een wiel met V-vormige groef en de vertragende overbrenging van de as naar de boven op de stoel aangebrachte wijzerplaat met verdelingen.

De wijzerplaat heeft een verdeling van 0—540 meter en wordt met een vleugelmoer aan de overbrenging van de hoofdas vastgeklemd. Door de vleugelmoer los te draaien, kan de plaat in nulstand worden gezet, hetgeen nodig is vóór de aanvang van het loden, als het lood nog boven water is. Boven de afleesstreep (een pijltje op de vaste buitenrand) is een afgeschermd lampje aangebracht voor gebruik des nachts. Aangezien met het uitlopen de omtrek van de draad op de trommel geringer wordt, is de schaalverdeling op de wijzerplaat niet gelijkmatig en bovendien de aanwijzing slechts juist, als de trommel bij lood boven water de complete lengte draad bevat en deze draad van gelijke omtrek is als de oorspronkelijk door de fabrikant geleverde draad.

Daarom is het nodig, dat bij breken van de draad een nieuw stuk wordt aangesplitst, dat een lengte heeft gelijk aan het verloren gedeelte. Deze lengte kan men na het indraaien op de wijzerplaat aflezen op het moment dat de gebroken tamp de rol bereikt.

Bij het verloren gaan van korte einden draad gebeurt het vernieuwen in den regel niet, omdat men steeds in het meest gebruikte gedeelte draad de minste sterkte zou hebben. De fout die hierdoor begaan wordt, is inderdaad te verwaarlozen, zoals uit de verdeling op de wijzerplaat kan blijken. Is op den duur echter veel draad verloren gegaan, dan wordt zoveel nieuwe draad bijgevoegd tot de trommel weer geheel



gevuld is. Daartoe is het verstandig bij eerste ingebruikneming de wangen van de trommel aan de binnenzijde met een scherpe beitelpunt te merken op de plaatsen waar de buitenste slagen van de draad aanliggen.

Na het opbrengen van nieuwe draad kan de schaalverdeling gecontroleerd worden, door bij stilliggend schip — stilliggend t.o.v. het water — de hoeveelheid uitgelopen draad te vergelijken met echolood of handlood.

In plaats van verloren draad te vervangen kan men bij lood boven water de wijzerplaat ook zo instellen, dat de aanwijzing in meters gelijk is aan de hoeveelheid verloren draad. Dit vaste bedrag moet dan van elke aflezing worden afgetrokken. Tijdens voortdurend lodingwerk is het hierdoor mogelijk het oponthoud zeer te beperken.

Een onjuiste aflezing ontstaat ook, als de draad zeer ongelijkmatig op de trommel is gewonden; door de draad te geleiden met een stuk zeildoek in de hand is dit echter gemakkelijk te voorkomen.

De schijf met V-vormige groef ligt vóór de trommel en is zodanig over de as bevestigd, dat het rondsel een kleine slag in langscheepse richting over de as kan maken en tevens met deze kan mededraaien. Bij het uitlopen van de draad wordt de schijf tegen een vaste wang om de as gedrukt en as met trommel daardoor enigszins geremd. Door de uitgeoefende druk wordt de snelheid van uitlopen van de draad constant gehouden voor een bepaalde vaart. Dit wordt bereikt door in de groef een koord te leggen, hetwelk aan beide uiteinden gewichten draagt. Deze gewichten zijn in houders — van boven open — geplaatst, die aan de voet van de lodingmachine zijn bevestigd. Het gewicht van 6 lbs. bevindt zich aan de binnenzijde, van 1 lb. aan de buitenzijde van het toestel. De lengte van het koord moet zodanig zijn, dat het kleine gewicht 1" tot 1½" vrij is van de bodem van de houder, als het andere gewicht op de bodem rust.

Om een constante snelheid te behouden is het nodig, dat *bij vernieuwing steeds hetzelfde soort koord* wordt gebruikt. De lijn kan tegen vroegtijdig vergaan geolied worden (echter geen vet, ook niet voor de groef, gebruiken); de groef moet schoon en vrij van roest gehouden worden, waarbij geen scherpe middelen — als schuurpapier — gebruikt mogen worden.

Voor een grotere vaart dan 13 zm is het nodig aan het gewicht van 6 lbs. één of meerdere 1 lb. gewichten toe te voegen, als het grote gewicht neiging vertoont te gaan „springen”. Deze kleine gewichten worden daartoe bij het toestel verstrekt.

Wordt de omwentelingssnelheid nu geringer, dan zakt het gewicht van 6 lbs. terug en de schijf komt vrij van de vaste wang, waardoor de weerstand geringer en de snelheid weer groter wordt. Zou de snelheid te groot worden, dan wordt het gewicht van 6 lbs. door de wrijving (en mede onder de invloed van het gewicht van 1 lb.) nog meer opgelicht en de schijf vaster tegen de wang gedrukt, de weerstand dus groter en de snelheid weer kleiner. Komt het lood op de grond, dan doet de plotselinge vertraging het 6 lbs. gewicht terugvallen, deze neemt de schijf mede, waardoor de laatste los komt van de wang en ook onder het indraaien hiervan vrijblijft.

Bemerkt men, dat het 6 lbs. gewicht ook bij vaarten van 13 zm of minder uit de houder springt, dan is dit een teken, dat de groef vuil geworden of het koord te kort is.

De trommel bevat de lodingdraad, die met tussenvoeging van een wartel aan de voorloop wordt bevestigd. De voorloop wordt met een tweetal bindsels aan de

wartel gezet, het andere eind wordt met een volle rondtorn door het oog van het lood genomen — met tussenvoeging van een lederen bescherming — en de tamp eveneens met twee bindsels geborgd.

Op 9 dm afstand van de bovenkant van het lood kan aan de voorloop een koperen koker voor het lodingbuisje worden bevestigd. De koker is alleen aan de onderzijde open, het buisje — met de opening naar beneden — wordt erin geschoven en met een koperen dop met bajonetsluiting opgesloten. Door de druk van het zeewater wordt de lucht in het buisje samengeperst; de afstand waarover dit geschiedt, is een maatstaf voor de diepte. De binnenkant van het buisje is bestreken met chloorzilver, waarvan de verkleuring aangeeft hoe ver het water bij de loding in het buisje is doorgedrongen. Na het binnenhalen van het lood en uitnemen van het buisje (open zijde steeds naar beneden houden om te voorkomen dat waterdruppels naar binnen lopen en verkleuring teweegbrengen) wordt de diepte op een bijbehorend gijkt schaallatje afgelezen.

Opgemerkt wordt, dat bij deze methode de nauwkeurigheid snel met de diepte afneemt; zo is de afleesnauwkeurigheid op het houten schaalte tot  $20 \text{ vm} \pm \frac{1}{2} \text{ vm}$ ,  $20\text{—}40 \text{ vm} \pm 1 \text{ vm}$ ,  $40\text{—}50 \text{ vm} \pm 2 \text{ vm}$  en verder afnemend tot 5 vm bij 100 vm. Indien nu door een of andere oorzaak het water in het buisje iets hoger oploopt, dan bij de diepte behoort, wordt bij grote diepten het resultaat spoedig onnauwkeurig. Op elke aflezing moet nog een correctie voor de barometerstand worden toegepast.

Om genoemde nadelen te vermijden en tevens sneller te werken, wordt aan boord der opnemingsvaartuigen de diepte echter uitsluitend bepaald door de hoeveelheid uitgelopen draad bij een bepaalde vaart; de lodingbuisjes worden dus in de regel niet gebruikt. De door de fabrikant verstrekte tabel mag echter niet zonder meer benut worden.

Bij indienststelling kan men zelf een tabel samenstellen. Hiertoe zal men met verschillende vaarten over een flauw hellende zeebodem stomen en hierbij tevens het echolood gebruiken. Rekening moet worden gehouden met de plaats van loding, die achter het schip ligt op het moment dat het lood de grond raakt en het echolood dus wordt afgelezen. Men moet er voor zorgen dat het lood bij elke loding in dezelfde stand te water komt. Na het indraaien blijft het lood immers enige tijd naar voren en achteren slingeren; men laat het lood nu steeds vallen als het weer „recht op en neer” hangt.

Men zet nu op millimeterpapier verticaal de werkelijke diepten in meters af, horizontaal de hoeveelheid uitgelopen draad, en verbindt de zo verkregen punten voor elke bijbehorende vaart door een kromme. Het blijkt, dat de krommen divergerende, nagenoeg rechte lijnen zijn, waardoor mede controle op de nauwkeurigheid van hun bepaling wordt verkregen. Deze methode van dieptebepaling uit de lengte van de uitgelopen draad is vrij gevoelig t. o. v. fouten in de veronderstelde vaart door het water. Ten behoeve van het samenstellen van de correctiegrafiek en gedurende de uitvoering van lodingwerk kan men de vaart bepalen m. b. v. de log of aan de hand van het aantal omwentelingen van de voortstuwer; laatstgenoemde methode is vrij onzeker in verband met bezwaarlijk nauwkeurig te schatten invloed van wind, zeeegang en aangroeiing van de scheepshuid. Uit de gemaakte grafische voorstelling kan voor het betreffende schip geconcludeerd worden welke onzekerheden in de vaart nog toelaatbaar zijn.

Het wiel met palrand kan door middel van een draaiende pal worden vastgezet; de pal wordt daarbij in bovenstand gehouden door een verende pen. In deze stand wordt door het draaien van het remhandwiel naar buiten (een halve slag) de trommel van de as ontkoppeld; de draad kan vrij uitlopen. Het remhandwiel draait hierbij niet mede. Om te remmen wordt het remhandwiel weer naar binnen gedraaid.

Nadat lood met voorloop aan de lodingdraad zijn bevestigd en buitenboord gehangen, wordt met de uithaler mof en rol naar het uiteinde van de spier gebracht. Daarbij moet de lodingdraad bijgevierd worden. Men borgt de verende pen daartoe in onderste stand, draait het remhandwiel iets naar binnen om de pal vrij te maken van de palrand en draait vervolgens het remhandwiel naar buiten. De trommel wordt nu meegenomen. Is de rol in buitenste stand gekomen, dan wordt de pen losgelaten, deze komt naar boven en doet de pal in de palrand draaien.

Om het lood te laten vallen wordt het remhandwiel een halve slag naar buiten gedraaid, de trommel komt vrij en de draad loopt uit.

Vervolgens wordt het haakje in de rechterhand genomen en hiermede de draad naar beneden gedrukt. Zodra het lood de grond raakt, komt er loos in de draad, hetgeen onmiddellijk voelbaar is, doordat de druk tegen de haak vermindert. Op dit ogenblik wordt de stand van de wijzerplaat afgelezen en afgeremd door het remhandwiel terug te draaien of de aanloopweerstand van de motor in te schakelen. De pen van de pal wordt in onderste stand geborgd en met de motor de draad ingedraaid. Tijdig — als nog  $\pm 20$  m uit is — wordt de snelheid verminderd (het lood wordt tevoren reeds boven water zichtbaar; des nachts kan men de resterende hoeveelheid draad op de wijzerplaat aflezen) en nadat de motor gestopt is, de pal opgezet.

Tijdens het indraaien wordt de draad gelijkmatig op de trommel geleid. Bij eindiging van het lodingwerk wordt vóór het indraaien de draad op de trommel ingevet, de binnenkomende draad droog gemaakt en ingevet en tenslotte de complete draad met vet bestreken.

In plaats van electrisch, kan ook met de hand afgeremd worden, door het remhandwiel snel een slag in binnenboordse richting te geven.

Het toestel wordt bediend door twee man; de eerste man bedient remhandwiel en pal; indien dit binnen zijn bereik is, tevens de motor. De tweede man leidt de draad op de trommel.

Van tijd tot tijd moeten de lederen manchetten van de mof ingevet worden tegen uitdrogen, de spier moet schoon zijn, de V-vormige groef vrij van roest en vuil, het bijbehorende koord geïnspecteerd en geolied worden, bewegende delen gesmeerd.

Na gebruik moet het toestel met de zeildoekse kap afgedekt worden.

## 2.26 Diepzeedraadlodingmachine

Dit toestel moet op het schip voorlijk en tegen het boord opgesteld worden, zodanig dat men vanaf de brug kan zien in welke richting de lodingdraad wijst. Dit is nodig, omdat tijdens de loding door manoeuvreren met het schip de draad zoveel mogelijk recht op en neer moet worden gehouden. Daartoe begint men met het schip met de kop op de wind te leggen; verder moet in elk geval voorkomen worden dat de zijde, waar het toestel is opgesteld, lij wordt.

De trommel bevat 9000 meter lodingdraad, welke vanaf de onderkant van de trommel door een vork en een koker over een telwiel wordt geleid. De omwentelingen

van dit telwiel worden vertraagd overgebracht naar het erop bevestigde klokje, waarop de hoeveelheid uitgelopen draad afgelezen wordt.

Het telwiel met klokje is draaibaar op de koker geschoven en geborgd. Is het toestel niet in gebruik, dan kunnen beide afgenomen worden, waardoor geen onderdelen buitenboord steken.

Het glazen deksel van het klokje kan worden afgenomen om met de hand de wijzers op nulstand te kunnen stellen. Na elke loding, als het lood weer boven water is gekomen, moet gecontroleerd worden of de wijzers inderdaad op „0” zijn teruggekomen.

De vork kan vanaf de binnenkant van het toestel heen en weer bewogen worden. Dit moet tijdens het indraaien zeer langzaam en gelijkmatig gebeuren om de draad gelijkmatig op de trommel te winden.

Het indraaien kan met de hand geschieden, door aan één zijde van de trommelas een handwiel aan te brengen. Verder is via een tandwieloverbrenging en een koppeling (met bedieningshandel) de trommelas verbonden met de aandrijving van een electromotor. Het indraaien van 1000 m draad duurt hiermede ongeveer 7 minuten. Op een diepte van 2000 m duurt het van 10 tot 20 minuten, voor het lood de grond bereikt — deze tijdsduur is sterk afhankelijk van de mate van hardheid en kleefvermogen van het vet, waarmee de draad is geconserveerd. Een loding op 2000 m diepte neemt dus in totaal een klein half uur in beslag, gedurende welke tijd steeds gemanoeuvereerd moet worden om de draad recht op en neer te houden. Een dergelijke loding kan dus niet verricht worden direct bovenwinds en bovenstrooms van een steil oplopend rif; in noodgeval kappe men tijdig de draad.

Op het toestel is nog een inrichting aangebracht, waarmee men de valsnelheid kan regelen en tevens kan bemerken, dat het lood de grond bereikt heeft. Hiertoe zijn telwiel met koker te zamen draaibaar om een horizontale as gemonteerd. Het gewicht van het lood met de uitgelopen draad tracht het telwiel naar beneden te trekken. Dit gewicht wordt gecompenseerd door een tweetal veren, welke met een handwiel meer of minder gespannen kunnen worden, hetgeen nodig is wegens het veranderlijk gewicht van lood met lodingdraad. Daartoe bevinden zich op de aan het handwiel verbonden schroefstang merkstrepen met vermelding 500 vm, 1000 vm, enz. Zodra 500 vadem uit is, moet de bijbehorende merkstreep juist zichtbaar zijn; daarna gaat men geleidelijk de veer verder spannen: bij 1000 vadem uit moeten de merkstrepen van 500 en 1000 zichtbaar zijn, enz.

Komt het lood op de grond, dan valt er loos in de draad, beide veren kunnen zich ontspannen en trekken daardoor de remband die om de trommel is gelegd, aan. Hierdoor wordt of het uitdraaien geheel gestopt (op kleinere diepten) of de snelheid vermindert zoveel, dat men kan concluderen de grond aangelood te hebben. Het telwerk wordt afgelezen en de klemschroef, die boven de trommel is aangebracht, aangedraaid. Hiermede wordt de rem aangezet.

Wil men om enigerlei reden tijdens het vallen van het lood een loding beëindigen, dan mag het remmen niet plotseling en niet te sterk geschieden om breken van de draad te voorkomen. Men kan daartoe het handel, dat boven het ene einde van beide veren is aangebracht, naar zich toe halen, waardoor men hetzelfde bereikt als bij het aanloten van grond. Vervolgens wordt de klemschroef aangezet.

Bij diepten van minder dan 2000 m wordt een lood van 12 kg van peervormig model gebruikt. Het lood heeft over de gehele lengte een holte, waarin de stang van de grijper past. Het oog van de stang wordt bevestigd aan een voorloop van

manilla of van loodlijn met phosphorbronzen hart. De voorloop moet een lengte van 2 à 3 m hebben. Aan deze voorloop wordt de lodingdraad bevestigd. De grijper houdt het lood vast; het zijn 2 stalen kommen, die bij het raken van de bodem door een paar veren worden dichtgeklapt. Lood met grijper wegen 12,7 kg.

Op groter diepte wordt het moeilijk met dit gewicht de bodem „aan te voelen”. De wrijving van het water tegen de draad en het gewicht van de draad zelf (6,8 kg per 1000 vm) geven dan bij het wegvallen van het gewicht van 12 kg een te gering gewichtsverschil om de veren te laten ontspannen.

Voor diepten van 1000—2500 vm moet een gewicht van 12 kg worden toegevoegd; dit wordt met een sliphaak bevestigd en laat los als het lood de grond bereikt. Hierdoor is de weerstand en de kans op breken van de draad geringer bij het indraaien. Van 2500—4000 vm wordt een tweede gewicht van 12 kg toegevoegd en boven 4000 vm nogmaals 12 kg.

Het loden geschiedt nu als volgt. Het telwiel met klokje worden over de koker geplaatst en geborgd. Het handwiel wordt opgezet; de motoras wordt ontkoppeld; de schroefstang wordt met het handwiel zo ver naar buiten gedraaid, dat de merkstreep van 500 vm niet meer zichtbaar is; de klemschroef wordt losgezet.

De draad wordt door vork en koker geleid, om het telwerk gelegd en de tamp weer binnenboord genomen, waartoe de trommel met het handwiel wordt gedraaid. Voorloop met lood en grijper, eventueel extra gewichten, worden eraan bevestigd; de klemschroef aangezet.

Het schip wordt zodanig gelegd en gehouden, dat de lodingdraad even te loevert uitstaat. Zodra geen vaart meer wordt gelopen t. o. v. het water, wordt het lood voorzichtig buitenboord gevierd, waarbij kinken van de draad voorkomen moet worden.

De wijzer van het telwerk wordt op „0” gezet als het lood even boven water hangt; het handwiel wordt van de trommel afgenomen.

Naar de brug wordt gewaarschuwd: „Klaar om te loden”. Vervolgens wordt na bekomen order de klemschroef geleidelijk losgedraaid, waardoor de draad langzaam gaat uitlopen.

De snelheid van uitlopen wordt nu verder geregeld met het handwiel, dat de beide veren bedient, waarbij men leiding heeft aan de merkstrepen. De spanning moet steeds zodanig worden gehouden dat telwiel met koker juist vrij zijn van haar stootnokken. Is de draad droog en vrij van vet, roest en vuil, dan bedraagt de valsnelheid hierbij ongeveer 100 tot 150 vm per minuut; zit er reeds lang oud, hard geworden vet op de draad, dan kan de snelheid afnemen tot 40 vm per minuut. Deze vertraging is dus vooral te verwachten bij een eerste loding.

Wanneer meer dan 1500 vm is uitgelopen, moet de snelheid tot ongeveer 50 vm per minuut teruggebracht worden.

Zorgvuldig moet op de stand van de draad en de regelmaat van uitlopen gelet worden; wordt de snelheid plotseling minder, dan is de grond bereikt. De klemschroef wordt aangezet en de diepte afgelezen.

Het handwiel wordt op de trommelas gezet en een tiental vademmen met de hand ingedraaid, daarbij gelijktijdig even opkomend met de klemschroef.

Vervolgens wordt het handwiel afgenomen, de motor aangezet, daarna de klemschroef losgezet en tegelijkertijd de motor ingekoppeld. Tijdens het indraaien wordt met de vork de draad op de trommel geleid. Is het lood bijna boven water (af te lezen op het klokje) dan wordt de snelheid verminderd en tijdig gestopt als

de voorloop boven water komt. Het verdient aanbeveling de laatste meters weer met de hand in te draaien, dus klemschroef aanzetten en motor ontkoppelen.

Worden loden met sliphaak gebruikt, dan moeten de eerste 10 vm met het handwiel afgevierd worden en vervolgens tot ongeveer 100 vm zeer langzaam met behulp van de klemschroef. Vooral bij zeegang bestaat anders de mogelijkheid, dat de loden voortijdig losslippen.

Op zachte bodem kan het gebeuren, dat de loden niet loslaten. Men bemerkt dit bij het indraaien met de hand. Laat dan het lood, na enige tientallen vademen ingedraaid te hebben, opnieuw vallen. Mocht ook nu geen resultaat bereikt worden, dan moet zeer langzaam en voorzichtig worden ingedraaid.

Bij het manoeuvreren om de draad recht op en neer te houden, zal soms blijken dat het schip voortdurend in een bepaalde koers moet opsturen. Dit wordt dan veroorzaakt door oppervlaktestromen, die wel het schip en een klein gedeelte van de draad, doch niet het lood met de rest van de draad beïnvloeden.

Na de laatste loding en vóór het indraaien met de motor wordt de resterende draad op de trommel eerst ingevet. De binnenkomende draad wordt drooggemaakt met een dot werk en na elke 300 à 400 vademen wordt even gestopt om de draad op de trommel in te vetten.

Draaiende delen moeten van tijd tot tijd worden gesmeerd.

Voor verwachtbare fouten bij diepzeedraadlodingen wordt verwezen naar „Scientific Results of the Snellius expedition in the Eastern part of the Netherlands East-Indies 1929—1930”, volume II, part 2, chapter I.

## 2.27 Lodingdraad

Voor de Kelvite lodingmachine en de diepzeedraadlodingmachine wordt hetzij pianodraad, hetzij geslagen staaldraadtouw verstrekt; in beide gevallen is de draad verzinkt. De breeksterkte bedraagt voor beide tussen de 90 en 110 kg, indien de draad nieuw is. Is deze geroest, dan wordt de sterkte veel minder. Sterk geroeste draad moet dan ook vervangen worden, althans bij het diepzeedraadlood en indien op grote diepten gebruikt, waar bij mislukking het tijdverlies een grote rol begint te spelen.

Lodingdraad die gekinkt is, of waarvan enkele draden gebroken zijn, moet gekapt en opnieuw gesplitst worden.

Bij gebruik van pianodraad moet kinken absoluut worden vermeden om breken te voorkomen. Dit betekent dat het loden met de Kelvite lodingmachine met niet te geringe vaart moet geschieden, of wel het aflopen niet te snel mag plaats hebben.

Om pianodraad te herstellen, worden de einden over  $\frac{1}{2}$  tot 1 meter langs elkaar gelegd, ineengedraaid en aan de uiteinden en op enige andere plaatsen met koper-soldeer aan elkaar bevestigd. Om haken van de verbinding aan de naastliggende windingen te voorkomen, moeten uitstekende delen vermeden worden.

Ook kan men beide draden over een lengte van ongeveer 3 meter langs elkaar leggen; de vaste parten worden vastgebindseld, daarna één der draden met slagen ter lengte van ongeveer 5 cm om de andere gelegd en de tampen met fijn koperdraad aan elkaar gebindseld. Deze bindsels maakt men ongeveer 5 cm lang. Op onderlinge afstanden van 1 meter brengt men nog twee bindsels aan en soldeert alle bindsels tenslotte op de lodingdraad. Men moet er hierbij steeds voor zorgen, dat de draad op de plaats der bindsels voldoende soepel blijft.

Geslagen lodingdraad wordt met een lange splits op elkaar gezet. Van de strengen worden telkens twee of drie afgebroken en de rest verder ingesplitst om de splits soepel te houden.

De tampen worden daarna één keer teruggesplitst, zodat geen einden uitsteken. Het geheel wordt met fijn koperdraad bekleed en met een dunne laag soldeer afgedekt.

## 2.28 Echolood

Van alle lodingtoestellen is het echolood tegenwoordig verreweg het belangrijkste. Aan boord der opnemingsvaartuigen zijn de volgende typen in gebruik.

Hughes MS 12. Dit toestel is alleen in Nederland in gebruik en, verouderd zijnde, thans vrijwel vervangen door:

Hughes MS 21 F. Dit echolood, gecalibreerd voor een snelheid van het geluid in het water van 1500 m/sec. heeft twee schalen, één van 0—15 en de ander van 0—30 m. Door het geven van phase zijn de volgende bereiken mogelijk:

|                   |           |
|-------------------|-----------|
| 0—15 m . . . . .  | 0—30 m    |
| 10—25 m . . . . . | 20—50 m   |
| 20—35 m . . . . . | 40—70 m   |
| 30—45 m . . . . . | 60—90 m   |
| 40—55 m . . . . . | 80—110 m  |
| 50—65 m . . . . . | 100—130 m |
| 60—75 m . . . . . | 120—150 m |
| 70—85 m . . . . . | 140—170 m |
| 80—90 m . . . . . | 160—180 m |

Werkt men met dit lood op diepten van 10—30 m en is geen uitzonderlijk grote afleesnauwkeurigheid nodig, dan verdient het aanbeveling de halve snelheid, dus schaal 0—30 m te gebruiken. Hierdoor wordt het herhaaldelijk wisselen van phase vermeden.

Het aantal lodingen per minuut bedraagt 500, resp. 250, de papiersnelheid 25 mm per minuut, de intervalmerken verschijnen eens per minuut. De theoretische gebruiksduur van een papierrol bedraagt 15 uren. De afleesnauwkeurigheid is 1, resp. 2 dm.

Hughes MS 21 G echolood wordt gebruikt aan boord der opnemingsvaartuigen voor de dienst overzee. Dit toestel wordt uitvoerig beschreven in de „Verzameling van Verordeningen voor de Koninklijke Marine”, deel 6 (V.V.K.M. 6; niet in de handel).

Hughes MS 21 K is het diepzee-echolood met de volgende schalen:

|                     |             |
|---------------------|-------------|
| 0—150 m . . . . .   | 0—1500 m    |
| 100—250 m . . . . . | 1000—2500 m |
| 200—350 m . . . . . | 2000—3500 m |
| 300—450 m . . . . . | 3000—4500 m |
| 400—550 m . . . . . | 4000—5500 m |
| 500—650 m . . . . . | 5000—6500 m |
| 600—750 m . . . . . | 6000—7500 m |
| 700—850 m . . . . . | 7000—8500 m |
| 800—900 m . . . . . | 8000—9000 m |

Verdelingen zijn aangebracht om de 2 meter, resp. 20 m, de afleesnauwkeurigheid is ongeveer de helft hiervan.

Hier is de versterker in een aparte kast ondergebracht. De oscillatoren worden niet op de huid gelast, doch zijn voorzien van een roestvrij stalen bodem, die in de vorm van de scheepshuid is gebracht.

Het schilderen van deze bodem, zowel in- als uitwendig, is verboden.

Voor verdere bijzonderheden betreffende echoloden en het gebruik bij hydrografisch werk zij verwezen naar de eerder genoemde V.V.K.M. 6 (resp. hoofdstukken I t/m V en VI/VII). Voorts wordt de lezing aanbevolen van „Scientific results of the Snellius expedition in the Eastern part of the Netherlands East-Indies 1929—1930”, volume II, part 2, chapter I, waarin gegevens vermeld zijn over nauwkeurigheid, helling van de zeebodem e. d.

## 2.29 Afleestoestel echolood

Zie V.V.K.M. 6 (par. 7500).

## 2.30 Passerdoos

De voornaamste onderdelen van een goed uitgeruste passerdoos zijn:

- a. de steekpasser,
- b. de veerpasser,
- c. de potlood- of inktpasser,
- d. de orleonpasser,
- e. de trekpen.

### a. Steekpasser

De steekpasser is een waardevol hulpmiddel om afstanden te meten en verdelingen op het constructie- of minuutblad uit te voeren.

De benen moeten zodanig zijn gesteld, dat zij noch te stroef, noch te los in hun draaipunt bewegen.

De punten moeten recht zijn, vrij van bramen en met zorg zeer fijn zijn bijgeslepen, zodat in het papier slechts een oppervlakkig klein rond gaatje wordt achtergelaten.

Gezorgd moet worden, dat de punten van de passer in gesloten toestand in één vlak liggen en niet verscherven.

Om afstanden groter dan 4 cm nauwkeurig in te stellen, wordt over het algemeen de zgn. „haarpasser” gebruikt, waarbij een der benen met een haarschroefje fijn is bij te stellen over een afstand van ongeveer 3 mm. Het draaipunt der benen is door middel van een stelschroef losser of vaster te stellen.

Afgeraden wordt om passerpunten aan boord zelf te slijpen, indien ze verwisselbaar zijn. Eenvoudiger is de punten, indien zij niet meer aan de eisen voldoen, te vervangen door anderen.

De opnemer moet i. v. m. het bewegende schip speciale maatregelen nemen, teneinde zijn veel in gebruik zijnde passers te beschermen. Een bakje naast de tekentafel is over het algemeen een goede oplossing.



Passers mogen nimmer gebruikt worden om bijv. kurken van inktflesjes te verwijderen of merkstreepjes op ander materiaal dan papier te geven.

Moet een passer los worden meegenomen, dan kunnen de punten worden beschermd door ze in een kurkje te steken.

*b. Veerpasser*

De veerpasser wordt gebruikt voor het zgn. „wandelen”, waarmee bedoeld wordt het onderverven van grote afstanden in meerdere kleine gelijke delen.

Dit type passer bestaat over het algemeen uit twee benen, die aan de bovenzijde verbonden zijn door een ronde veer.

De benen zijn voorzien van verwisselbare punten en kunnen gesteld worden door het draaien van een van schroefdraad voorzien asje, dat beide benen verbindt.

Moet men de benen over een grotere afstand kleiner of groter stellen, dan verdient het bij sommige uitvoeringen aanbeveling ze met de vingers samen te drukken en daarna de passer te verstellen. Hierdoor bereikt men een minimum druk op de draad van het asje, waardoor slijtage wordt voorkomen en vlugger instellen van de passer wordt bereikt.

De punten moeten in één vlak liggen en mogen dus niet verscherven, indien de passer in gesloten toestand staat.

*c. Potlood- of inktpasser*

Bij de potlood- of inktpasser kan een der benen voorzien worden van een potloodhouder of trekpen, waardoor men cirkels in potlood of inkt kan trekken. Voor het trekken van grote cirkels zijn verlengstukken bijgevoegd.

De onderdelen zijn zodanig draaibaar gemaakt, dat het mogelijk is potlood of trekpen en stalen punt in loodrechte stand op het papier te brengen.

Het verdient aanbeveling het potlood beitelvormig bij te slijpen op fijn schuurpapier of op een vijltje.

De stalen punt is verwisselbaar en is meestal aan de ene zijde spits toelopend, terwijl de andere zijde een grotere diameter heeft, waarvan de vlakke onderzijde voorzien is van een kort scherp puntje. Het maken van grote gaten in het papier wordt hiermede voorkomen.

*d. Orleonpasser*

De orleonpasser is het meest geschikte instrument om kleine cirkels in inkt of potlood te trekken. Met behulp van een haarschroefje kan men de passer zuiver instellen voor cirkels van verschillende diameter.

In het vaste been bevindt zich een doorlopende stalen pen met punt, welke in verticale zin los beweegbaar is.

*e. Trekpen*

De trekpen wordt gebruikt om rechte lijnen van gelijke dikte in inkt te trekken. Zij moet van zeer goede kwaliteit zijn.

De beide bladen bestaan uit verend staal, die door een schroefje naar elkaar toe kunnen worden gebracht.

Bij sommige trekpennen is het ene blad draaibaar gemaakt, waardoor het schoonmaken vergemakkelijkt wordt. Over het algemeen wordt dit type trekpennen niet aanbevolen, daar zij sneller ontsteld raken.

Na gebruik dient de trekpen goed gereinigd te worden.

Een trekpen, die stomp is geworden, wat bij het werken op plastic veelvuldig het geval is, kan worden bijgeslepen op een oliesteentje, mits men uiterst zorgvuldig te werk gaat. Teneinde de punten tot hun oorspronkelijke parabolische vorm terug te brengen, worden de bladen met het schroefje in licht contact met elkaar gebracht, de pen in een verticaal vlak gesteld en daarna in dit vlak over een sector van  $120^\circ$  heen en weer bewogen.

Nadat ze in de juiste vorm is gebracht, wordt ze geslepen. Hiertoe wordt ze vrijwel vlak op het oliesteentje gelegd en met een draaiende beweging aangezet, waarbij zorg moet worden gedragen de parabolische vorm niet te wijzigen. De pen mag niet zo scherp worden, dat zij bij gebruik in het papier snijdt. De braam wordt aan de binnenzijde der benen verwijderd met een stukje leer of amarilpapier.

Een andere methode, die minder vaardigheid vereist, is het slijpen met amarilpapier als materiaal.

Fijn amarilpapier wordt geplaatst op een grondvlak van sponsrubber of op een handdoek, die verschillende malen is opgevouwen, teneinde een verende onderlaag te verkrijgen.

De bladen worden eerst in de parabolische vorm geslepen op de bovenbeschreven wijze. Daarna worden ze met het schroefje los van elkaar gebracht en de pen onder een scherpe hoek met het amarilpapier gezet, waarbij ze goed aan moet liggen.

De pen wordt nu verschillende malen over het amarilpapier getrokken, altijd in de richting van de steel van de trekpen, met een zodanige benedenwaartse druk, dat het amarilpapier in de vorm van de pen wordt gedrukt. De pen moet stevig worden vastgehouden en draaiing moet worden voorkomen, zodat de randen van de pen in gelijk contact blijven met het papier.

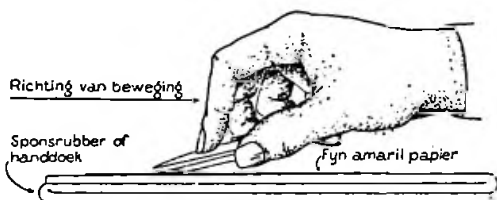


Fig. 2.55

Nadat beide zijden der pen op bovenbeschreven wijze zijn behandeld, worden de binnenzijden der bladen met lichte hand met het amarilpapier gewreven, teneinde de braam te verwijderen, en is de pen wederom voor gebruik gereed.

### 2.31 Stangpasser

De stangpasser wordt gebruikt om afstanden te meten, die te groot zijn om ze nauwkeurig met de gewone steekpasser af te passen. Zij is onmisbaar bij het opzetten van een net en het afzetten van grote cirkelbogen.

Voor het afpassen op de proportieliniaal gebruike men, indien mogelijk, bij voorkeur de stangpasser met korte stang, daar het afpassen met de steekpasser vooral bij grotere afstanden door de scheve stand der benen onzuiver wordt.

De stangpasser bestaat uit een lichte, niet buigzame ronde buis van metaal, die meestal uit twee of drie delen bestaat en twee cilindervormige schuiven, waarvan er één los over de stang kan glijden en op de verlangde plaatsen op de stang kan worden geklemd met een klemschroef. Houten stangpassers zijn bij de Nederlandse Hydrografie niet meer in gebruik. Aan boord worden wel stangpassers gebruikt, waarvan de stang van licht metaal is vervaardigd en een rechthoekige doorsnede heeft.

Het is belangrijk, dat de stangpasser solide is uitgevoerd. De lengte bedraagt ongeveer 65 cm. De driedelige stangpassers zijn over het algemeen het handigste in gebruik.

De schuiven lopen in een gleuf van de ronde stang, waardoor ze niet draaibaar zijn, maar alleen heen en weer kunnen schuiven langs de stang. De schuif aan het uiteinde van de stang is door middel van een stelschroef slechts over een kleine afstand fijn te verstellen.

In iedere schuif kan met een klemschroef een stalen punt, een potloodhouder of een trekpen geklemd worden.

Sommige stangpassers zijn uitgevoerd met een extra schuif, waarin een steun kan worden geklemd, die met twee rolletjes over het papier beweegt, waardoor doorbuigen van de stangpasser wordt voorkomen.

Indien mogelijk, moet de stangpasser zo worden gehanteerd, dat de schuif met fijnstelling met de rechterhand kan worden bediend, terwijl de beweegbare schuif met de linkerhand zo goed mogelijk wordt gesteld.

De stangpasser moet met vaste, doch zeer lichte hand worden gehanteerd, terwijl zorg moet worden gedragen, dat buiging tijdens de manipulatie wordt voorkomen.

De onderdelen dienen na gebruik direct in de doos te worden teruggelegd.

### 2.32 Reductiepasser

De reductiepasser is een instrument, dat hoofdzakelijk wordt gebruikt om tekeningen over te brengen in een andere schaal.

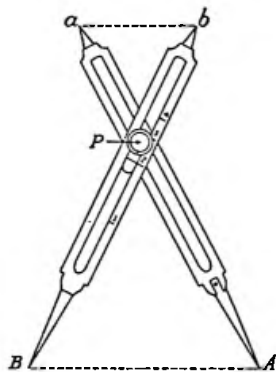


Fig. 2.56

Zij bestaat uit twee benen van gelijke lengte, die aan beide uiteinden zijn gepunt en te zamen worden gehouden door een beweegbaar draaipunt. Door de plaats van het draaipunt te wijzigen, kunnen de lengten der benen aan weerszijden van het draaipunt zodanig worden gesteld, dat hun verhouding gelijk is aan de verhouding tussen de twee schalen; immers de driehoeken  $abP$  en  $ABP$  zijn gelijkvormig. Wordt nu  $aP : AP = 1 : 2$  gesteld, dan is ook  $ab : AB = 1 : 2$ .

Het draaipunt beweegt zich in een gleuf van beide benen en is verstelbaar door middel van een tand-wieltje en een heugelrand op een der benen.

Een klemschroefje houdt het draaipunt op de gewenste plaats.

Op een der benen is een schaal aangebracht, ten einde de juiste instelling te verkrijgen.

Voor hydrografisch gebruik wordt de juiste instelling over het algemeen verkregen door beproeving. Door rek en krimp van het papier klopt de daarop voorkomende schaal meestal niet met die op de passer aangegeven.

De punten van de reductiepasser zijn van gehard staal en indien zorgvuldig gehanteerd, zullen zij gedurende een lange tijd hun scherpte bewaren.

Indien de punten bot zijn geworden of beschadigd, moeten zij door een vakman worden bijgeslepen. De schaal voorkomende op het instrument, is dan over het algemeen niet meer bruikbaar.

### 2.33 Verdeelpasser

Met behulp van de verdeelpasser kan een bepaalde afstand snel in verschillende gelijke delen worden verdeeld.

Het instrument is 15 cm lang en bestaat uit 11 benen, waarvan de punten genummerd zijn van 0 tot 10.

Met deze passer kunnen afstanden tot ongeveer 20 cm verdeeld worden in 10 gelijke delen.

Het instrument mag niet ruw worden behandeld en vooral moet worden zorg gedragen, dat de punten niet beschadigd of verbogen raken.

Het instrument kan gebruikt worden om de registratie van het echolood te verdelen tussen twee snelliusbogen. Hiertoe wordt de met nul genummerde punt op de eerste snelliusboog gezet en de punt, die het nummer draagt van het verlangde aantal intervallen op de tweede snelliusboog. Met potloodstreepjes worden de plaatsen der punten vervolgens op de registratie aangegeven.

De verdeelpasser kan ook worden gebruikt om snel en zuiver de snelheid van het schip in mijlen af te lezen.

Het tijdsverloop kennende tussen twee posities van het schip, stelt men de verdeelpasser zodanig, dat de afstand tussen twee opvolgende punten de afstand bedraagt, door het schip in een minuut afgelegd. Als bijv. de afstand tussen twee peilingen in 6,5 minuut is afgelegd, zet men de punt gemerkt met nul op de eerste positie en stelt men de passer zodanig, dat de tweede positie midden tussen de punten 6 en 7 valt. Punt 6 heeft nu de afstand afgelegd in 6 minuten. Deze afstand, afgeprikt op de verticale randverdeling, vermenigvuldigd met 10 geeft de snelheid van het schip in mijlen per uur.

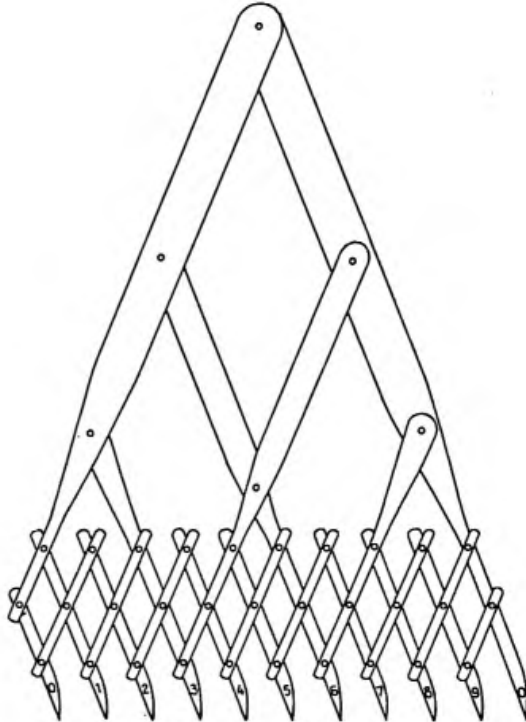


Fig. 2.57

### 2.34 Plaatspasser

Bij de Nederlandse Hydrografie wordt weinig met de plaatspasser gewerkt in vergelijking met het buitenland, daar men bij het afzetten van snelli de voorkeur geeft aan proportieliniaal en gradenboog.

Zij wordt bij de normale navigatie echter veel gebruikt. Het bij de Koninklijke Marine gebruikte instrument bestaat uit een verdeelde cirkel van ongeveer 13 cm

diameter met een vast been en twee beweegbare benen, die hun draaipunt hebben in het midden van de verdeelde cirkel en ongeveer 30 cm lang zijn.

De cirkel is verdeeld tot op halve graden. De nul van de randverdeling begint bij het vaste been.

De constructie van de plaatspasser is zodanig, dat met het rechter been een hoek van ongeveer nul graden kan worden ingesteld, terwijl de minimum hoek, die met het linkerbeen kan worden ingesteld, ongeveer  $11^{\circ},5$  bedraagt.

In het midden van de verdeelde cirkel is een halfcirkelvormig plaatje aangebracht, waardoor het mogelijk is, na instelling van de gemeten hoeken en leggen van de benen langs de gemeten punten, het gevonden punt aan te prikken.

Op de benen kunnen verlengstukken worden gezet van ongeveer 23 cm. Benen en verlengstukken zijn voorzien van merken, zodat verwisseling der verlengstukken wordt voorkomen. Indien geplaatst, moeten de verlengstukken zuiver in een lijn liggen met de benen van het instrument. Klemschroeven zijn bijgevoegd, teneinde ze op de benen te bevestigen.

Plaatspassers moeten regelmatig op nauwkeurigheid worden getest, daar het kwetsbare instrumenten zijn. Om na te gaan of de benen met verlengstukken recht zijn, worden zij gelegd langs een zuivere liniaal. Deze test kan ook worden uitgevoerd door een dunne scherpe lijn te trekken met een beitelvormig gepunt hard potlood langs het te controleren been met verlengstuk en dan daarna dit langs de andere zijde van de potloodlijn te leggen. Als het been met verlengstuk dan nog coincideert met de getrokken lijn, is het recht. De Amerikaanse Hydrografie controleert zijn plaatspassers met behulp van een aluminium plaat, waarop een zuiver kruis is aangegeven. De Engelsen verstrekken voor dit doel Br. Adm. Krt. no. 5007. Beschikt men niet over deze hulpmiddelen, dan construeert men met behulp van de koordentafel verschillende hoeken op plastic en gaat de verschillen met de aanwijzing van de plaatspasser na.

De plaatspassers, in gebruik bij de Amerikaanse Hydrografische Dienst, zijn van een nauwkeuriger uitvoering dan het hierboven beschreven instrument en zijn voorzien van nonius en afleesloupe, terwijl de cirkel een grotere diameter heeft. Ook worden bij deze dienst celluloid instrumenten gebruikt, die het voordeel opleveren, dat ze doorzichtig zijn, hetgeen van gemak is als de punten dicht bij elkaar liggen. Zij maken het papier niet zo vuil en zijn licht in gewicht, waardoor afschuiven van het tekenblad bij slingerend schip minder voorkomt. Zij zijn gemakkelijk schoon te houden en licht te hanteren. Een nadeel van deze instrumenten is, dat zij onder werking van het zonlicht kromtrekken, waardoor ze onbruikbaar worden.

Bij de Britse Hydrografie is in gebruik de Hughes-plaatspasser, waarvan de omtrek van de cirkel voorzien is van een getande rand. De benen zijn voorzien van wormwielen en een ronde micrometerschroef. Bij grofstellen licht men door een eenvoudige handgreep de worm uit de getande rand en stelt het instrument ten naaste bij. Met de micrometerschroef is instelling tot op 1 minuut mogelijk (zie par. 8.6).

Indien de punten dicht bij elkaar liggen, maakt men bij deze dienst gebruik van de „Cust's stationpointer”, die in wezen niets anders is dan een op hele of halve graden verdeelde cirkel op doorzichtig materiaal, waarop men de gemeten hoeken aan de achterzijde afzet om parallaxfouten te vermijden.

### 2.35 Proportieliniaal

In fig. 2.58 geeft het linkerbeen aan de verdeling der benen aan voor- en achterzijde der nieuwe proportielinialen (aan boord „tang” genoemd). De oude exemplaren dragen deze verdeling alleen aan de voorzijde, terwijl de verdeling van de achterzijde is weergegeven op het rechterbeen. De voorkant wordt benut voor het vinden van evenredige delen. Indien men de proportieliniaal opendraait tot een zekere lengte  $l$ , die met een passer kan worden afgezet tussen de punten 600, dan vindt men met de passer de afstand  $\frac{1}{2}l$  tussen de punten 300, de afstand  $\frac{1}{4}l$  tussen de punten 150, enz. Voor twee doeleinden komt deze werkwijze bij hydrografie van pas, nl. voor het afzetten van punten en voor het construeren van een snellius (zie par. 8.3 en par. 8.6).

De achterkant van de oude proportieliniaal werd gebruikt voor het afzetten van koorden. De waarden, voorkomende op de achterkant, zijn berekend met de formule

$$K = 2r \sin \frac{1}{2}\alpha,$$

waarbij  $K$  de koorde,  $\alpha$  de hoek, die moet worden afgezet, en  $r$  de straal van de te gebruiken boog is.

Om de verdelingen te graveren heeft men eerst de totale lengte bepaald en hierbij het getal 60 geplaatst.

$$\text{Voorts is } \frac{K}{r} = \frac{x}{y} \text{ of } \frac{2r \sin \frac{1}{2}\alpha}{r} =$$

$$2 \sin \frac{1}{2}\alpha = \frac{x}{y}.$$

Op de in gebruik zijnde proportielinialen is  $y = 40$  cm, zodat  $x$  voor een hoek van  $50^\circ$  dus  $80 \times \sin 25^\circ = 33,81$  cm bedraagt. Deze afstand heeft men vanaf het draaipunt afgezet en het getal 50 er bijgegraveerd. (Zie par. 8.5 sub c.)

Het instrument dient zeer voorzichtig te worden behandeld en altijd zodanig te worden opgenomen, dat geen wringing ontstaat op het draaipunt.

### 2.36 Liniaal verdeeld en onverdeeld

De *verdeelde* liniaal is van messing of roestvrij staal gemaakt. De meest gangbare

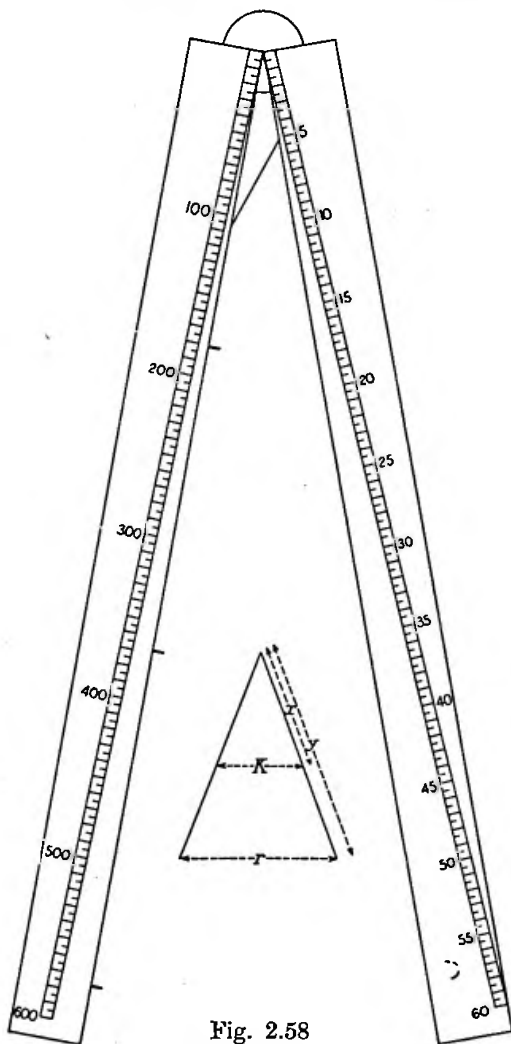


Fig. 2.58

maten bij Hydrografie zijn 60 en 120 cm. Zij zijn verdeeld in het metrieke stelsel en worden gebruikt voor het nauwkeurig afpassen van afstanden. Indien enigszins mogelijk, wordt de verdeelde liniaal bij het afpassen van afstanden in de doos gehouden, terwijl zorg moet worden gedragen, dat de op de liniaal voorkomende schaal niet beschadigd wordt door krassen. Zij mogen niet worden schoongemaakt met een of ander schuurmiddel en mogen nimmer gebruikt worden om lijnen langs te trekken.

De *onverdeelde* liniaal is van hetzelfde materiaal als hierboven genoemd gemaakt. De meest gangbare maten bij Hydrografie zijn 60, 100 en 120 cm. De schuin afgeslepen zijde van de liniaal is zuiver afgewerkt en mag alleen gebruikt worden.

Om een onverdeelde liniaal te testen op rechtlijnigheid worden twee fijne puntjes geprikt op stevig tekenpapier op een afstand van elkaar, die iets korter is dan de lengte van de liniaal. De schuine zijde wordt nauwkeurig langs de beide punten gelegd en met een beitelvormig geslepen potlood wordt een dunne scherpe lijn getrokken door de aangegeven punten. Het potlood moet stevig tegen de liniaal worden gehouden onder een constante hoek met het papier. De liniaal wordt dan 180° gedraaid en wederom langs de aangeprikte punten gelegd. Als de schuine zijde nog coïncideert met de potloodlijn over zijn gehele lengte, is de liniaal recht. Is dit niet het geval, dan krijgt men als men wederom een potloodlijn langs de liniaal trekt, een kromme, die het spiegelbeeld is van de getrokken potloodlijn. De hulp van een vergrootglas is bij deze test aan te bevelen.

Indien niet gebruikt, dient de liniaal in zijn doos te worden teruggelegd en opgeborgen op een plaats, die niet vochtig is.

### 2.37 Gradenboog

Ronde, halfronde en vierkante gradenbogen zijn verkrijgbaar in verschillende maten. Zij zijn over het algemeen vervaardigd van celluloid en trekken krom indien ze aan het zonlicht worden blootgesteld, zodat men hiermede in de praktijk terdege rekening moet houden. Voor het afzetten van snelli wordt meestal gebruikt het halfronde type met een diameter van ongeveer 25 cm. De verdeling is uitgevoerd in het sexagesimale stelsel, tot op halve graden (zie par. 8.5).

Teneinde de gradenboog te keuren, construeert men met behulp van de koorden-tafel verschillende hoeken op plastic en gaat de verschillen met de gradenboog na.

### 2.38 Vergrootglas

Vergrootglazen zijn te onderscheiden in hand- en staande loupes, waarbij het laatste type het voordeel heeft, dat men beide handen vrij heeft. Zij worden aan boord gebruikt bij het nauwkeurig afpassen van afstanden van de verdeelde liniaal, het controleren van netten, enz. en zijn vooral bij de kaartering onmisbaar.

De normaal in gebruik zijnde loupes vergroten 1,5 tot 2 maal, terwijl voor de beoordeling van plastics loupes worden gebruikt, die 4 à 5 maal vergroten.

### 2.39 Tekensloodjes

Tekensloodjes worden gebruikt om tekeningen, kaarten en plastics glad te leggen en afschuiven van de tekentafel te voorkomen.

Zij bestaan meestal uit loden gewichten, die bekleed zijn.

Door de Amerikaanse Hydrografie wordt aanbevolen, in zakjes ingenaaide hagelkorrels te gebruiken, die het voordeel bezitten, dat ze bij slingerend schip steviger op de tekentafel blijven liggen dan de loden gewichten.

## 2.40 Pantograaf

De pantograaf is een instrument, geconstrueerd om kaarten of tekeningen te vergroten of te verkleinen. Zij is uitgevonden door de Jezuïetenpater Scheiner in 1631 en berust op het principe van gelijkvormige driehoeken.

De uitvoering varieert van kostbare metalen precisie-instrumenten, waaronder genoemd wordt de vrijzwevende precisiepantograaf, die aan een zware ijzeren kraan opgehangen, vlak boven het tekenoppervlak zweeft, tot goedkope uitvoeringen van hout.

In zijn meest eenvoudige vorm bestaat het instrument uit 4 houten benen van gelijke lengte, die door de metalen draaipunten A, B, C en E aan elkaar verbonden zijn (fig. 2.59).

De draaipunten A en B zijn door de aanwezigheid van genummerde gaten in elk der benen verstelbaar.

Wil men bijv. 3 maal vergroten, dan worden de draaipunten A en B zodanig gesteld, dat

$$\frac{DA}{DC} = \frac{EA}{EG} = \frac{CB}{CF} = \frac{HB}{HE} = \frac{1}{3}$$

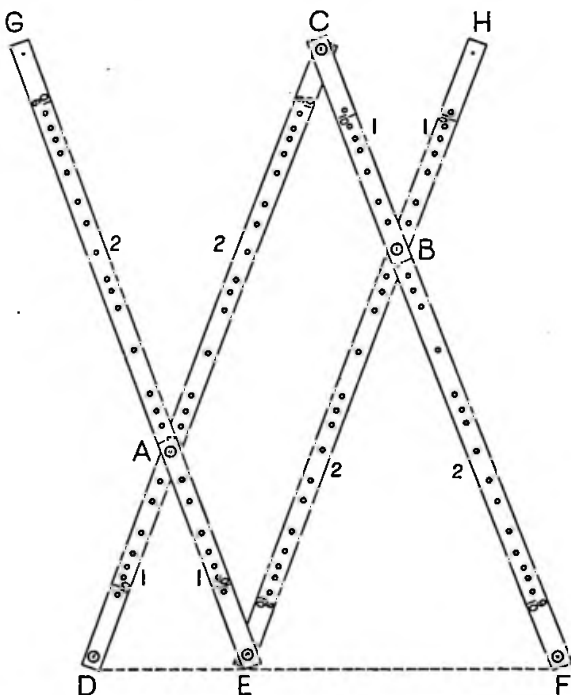


Fig. 2.59

Gerekend vanaf het projectiecentrum D wordt iedere afstand DE, die men instelt, 3 maal vergroot tot de afstand DF. Immers  $\frac{AE}{CF} = \frac{DE}{DF} = \frac{1}{3}$ .

Bij vergroten zet men in de punten D en E stalen punten en in F een potloodhouder. Bij verkleinen verwisselt men stalen punt en potloodhouder in de punten E en F.

Het projectiecentrum D prikt men op een geschikte plaats op de tekening vast, zodat het een vast punt vormt en met de stalen punt E (F) wandelt men het te vergroten (te verkleinen) object af. De potloodstift tekent dan de verlangde vergroting (verkleining).

## 2.41 Coördinatograaf

De *coördinatograaf* is een kostbaar kaarteerinstrument, bestemd voor het nauwkeurig kaarteren van punten, die in rechthoekige coördinaten bekend zijn, voor het trekken van netten en het verdelen van randen.

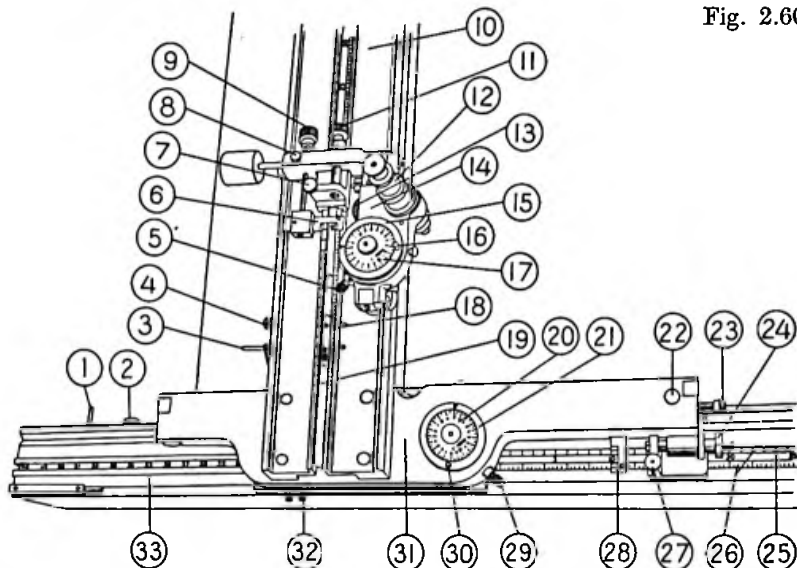


Om de grootst mogelijke nauwkeurigheid te bereiken zijn speciale voorzorgsmaatregelen vereist, zoals bijv.:

1. Trillingsvrije opstelling, omdat anders het instrument door trillingen ontregeld wordt.
2. Aanzuiginrichting, waardoor het af te passen tekenpapier of plastic volkomen gefixeerd wordt op het houten „kaarteerblad”, dat daartoe voorzien is van vele aanzuiggaatjes.

Het instrument, opgesteld bij het Bureau Hydrografie van het Ministerie van Marine bestaat uit twee metalen linialen, die opgesteld zijn resp. naast en boven het houten blad. Dit blad rust op een stevige ijzeren driepoot op de betonvloer, waardoor een trillingsvrije opstelling verzekerd is.

Fig. 2.60



De beide linialen staan loodrecht op elkaar (fig. 2.60). Een der linialen (33) is de vaste arm, die aan het ijzeren onderstel zodanig is bevestigd dat een kleine draaiing t.o.v. het „kaarteerblad” mogelijk is met schroef (32), hetgeen gemak oplevert bij het zuiver parallel stellen van de abscis van het instrument aan die van de tekening. De tweede liniaal (10) is de beweegbare arm, die langs liniaal (33) verschoven kan worden door middel van de wagen (31), die een onverbrekkelijk geheel vormt met liniaal (10). De wagen is voorzien van rolletjes, die op leibanen lopen van liniaal (33).

Wagentje (14) is langs liniaal (10) verschuifbaar door middel van rolletjes, die langs leibanen van genoemde liniaal lopen. De piquoir (12) kan in een houder van het wagentje gestoken worden en met klemmschroef (13) worden vastgezet. Met de piquoir worden punten geprikt in het onderliggende materiaal, waartoe hij is voorzien van een verstelbare scherpe punt. Hij is op geringe afstand van het kaartbeeld opgesteld om beschadiging van het af te prikken materiaal te voorkomen. Bij het prikken wordt hij omlaag gedrukt, waarna hij automatisch omhoog springt.

De piquoir is tevens afleesmicroscop. Deze wordt gebruikt bij het nauwkeurig napassen van reeds afgeprikte punten. In het gezichtsveld is daartoe een cirkeltje met een diameter van 0,3 mm aangebracht. Het napassen geschiedt door de punten opnieuw in te stellen en door in de microscoop vast te stellen of het geprikte punt zuiver in het midden van genoemd cirkeltje valt. Bij het instellen van de microscoop moet zorg worden gedragen voor een scherp parallaxvrij beeld.

Om bepaalde afstanden af te zetten, zijn beide linialen in het midden voorzien van de verdelingen (18) en (26). Deze verdelingen bevatten geen becijfering. Deze is uitgevoerd op de metalen linten (19) en (25), die zonder eind zijn en met de zwengels (3) en (1) kunnen worden gedraaid en met de klemschroeven (4) en (2) worden vastgezet. Op de linten komen becijferingen voor van de schalen 1 : 250, 1 : 500, 1 : 1000 en 1 : 2000.

Om het instellen en aflezen van de begin- en eindwaarden der uit te zetten afstanden mogelijk te maken, is langs de beide linialen een index aangebracht. Index (28) zit vast aan de wagen (31), terwijl index (6) één geheel vormt met het piquoirwagentje (14). De indexen maken dus alle verschuivingen van liniaal (10) en piquoirwagentje (14) mee. Met behulp van de indexen kunnen dus op de linialen met behulp van de linten begin- en eindstanden van de verschuivingen worden afgelezen, m.a.w. men bepaalt de afstanden, waarover de liniaal (10) c.q. piquoirwagentje (14) verschoven zijn.

Teneinde de coördinatograaf fijn te kunnen instellen, is een onderverdeling van de liniaalverdeling aangebracht op de cirkelvormige schalen (17) en (20), die verwisselbaar zijn. Voor elk der 4 bovengenoemde schalen is een cirkelvormige schaal met de betreffende verdeling beschikbaar. Elke verschuiving van de liniaal (10) of van het piquoirwagentje wordt door middel van een rondseltje, dat langs de getande rand van de linialen loopt, overgebracht op de draaibare cirkelvormige schalen. Met behulp van deze schalen is het mogelijk om afstanden af te zetten of af te lezen tot op 0,02 mm nauwkeurig, afgezien van onvermijdelijke instel-, aflees- en instrumentale fouten.

De indexen (6) en (28) zijn met behulp van de knoppen (9) en (23) te verplaatsen en worden daarna vastgezet met de klemschroeven (8) en (22), terwijl de cirkelvormige schalen (17) en (20) voorzien zijn van draaibare indexringen (15) en (21), die met de klemschroeven (16) en (30) vastgezet kunnen worden. Met de knoppen (5) en (29) kunnen de rondseltjes van de cirkelvormige schalen vrij worden gesteld van de getande randen.

Om het instrument in te stellen, gaat men als volgt te werk. Eerst wordt globaal, doch zo nauwkeurig mogelijk ingesteld met behulp van de beide indexen langs de linialen. Daarna wordt de beweegbare liniaal (10) en het piquoirwagentje (14) door middel van de klemschroeven (7) en (27) vastgezet. Het nauwkeurig instellen tot op onderdelen van millimeters geschiedt daarna met behulp van de micrometerschroeven (11) en (24), waarmede aan de liniaal (10) en piquoirwagentje (14) nog een geringe beweging kan worden gegeven.

Voor kaarteringen op een andere schaal moeten de coördinaten der te kaarteren punten worden omgewerkt tot een der grondschalen. Voor kaarteringen 1 : 50.000 worden bijv. de oorspronkelijke coördinaten door 100 gedeeld, waarna het uitzetten op de coördinatograaf op schaal 1 : 500 kan geschieden.

## 2.42 Rekenmachine

De rekenmachine is een onmisbaar hulpmiddel bij het uitvoeren van enigszins gecompliceerde berekeningen. De mechanische constructie ervan is vrij ingewikkeld, en zal hier niet besproken worden.

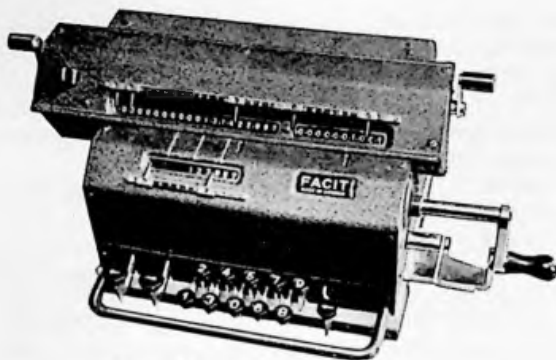


Fig. 2.61 Facit L X

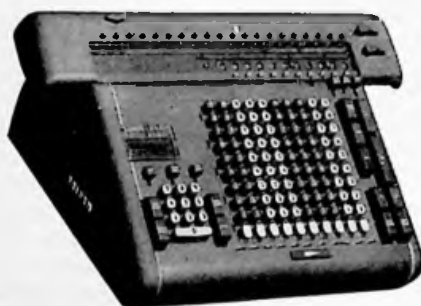


Fig. 2.62 Friden el.

Er bestaan velerlei typen rekenmachines, welke ieder voor zich ontworpen zijn voor het snel oplossen van een bepaald soort rekenkundige problemen. Uit het betrekkelijk grote aantal fabrieksmerken, dat geschikt is voor het oplossen van de bij hydrografie voorkomende problemen, zijn, op grond van verschillende overwegingen, gekozen de Facit L X handmachine en de Friden elektrische machine, beiden met een capaciteit van  $10 \times 10 \times 19$  cijfers.

Andere typen welke veelvuldig voor landmeetkundig werk gebruikt worden, zijn de Brunsviga enkele en dubbele machines; van laatstgenoemde — welke speciaal gebruikt wordt voor coördinatentransformatie — geeft fig. 2.63 een afbeelding.

In plaats van de Friden wordt ook veelvuldig de Marchant-rekenmachine gebruikt.

Het cijferen m. b. v. rekenmachines heeft belangrijke

voordelen boven logaritmische berekening, omdat:

1. de berekening wordt uitgevoerd met een belangrijk kleiner aantal bewerkingen (terugzoeken logaritmen vervalt);
2. de snelheid veel groter is;
3. de kans op vergissingen veel kleiner is;
4. het gebruik van een groter aantal decimalen (opvoeren nauwkeurigheid) zonder noemenswaardige vermeerdering van werk kan geschieden.

Alle rekenmachines zijn zodanig ingericht, dat zij geblokkeerd worden bij het uitvoeren van verkeerde manipulaties.

Voor het gebruik van de rekenmachine wordt verwezen naar de bij iedere machine verstrekte handleiding met voorbeelden.

De aandrijving kan geschieden met de hand, dan wel met behulp van een ingebouwde electromotor. Elektrische aandrijving heeft de volgende voordelen:

- a. sneller werken; de bij Hydrografie gebruikte Friden heeft een toerental van 500/min., d.w.z. de machine verricht 500 bewerkingen per minuut;

- b. de machine werkt geheel automatisch na instelling van de betreffende grootheden; zij wordt steeds links van de rekenaar geplaatst en met de linkerhand bediend, zodat de rechterhand vrij blijft om tegelijkertijd getallen te noteren op het rekenformulier.

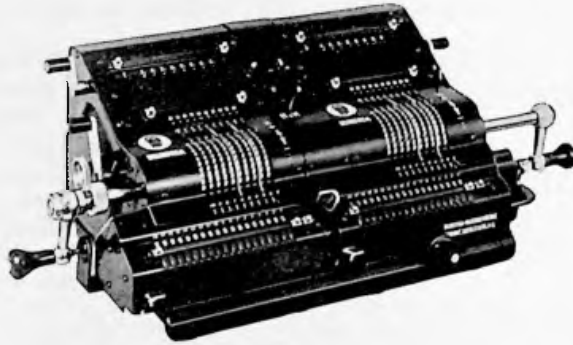


Fig. 2.63 Dubbele Brunsviga

Met de handmachine kan een snelheid bereikt worden welke niet veel hoger is dan 100 omw/min., en bediening met de linkerhand is vrijwel onmogelijk; de rekenaar plaatst deze machine dan ook altijd rechts van zich, en moet zijn schrijfgereedschap steeds neerleggen en weer opnemen.

Electrische machines zijn echter gecompliceerder en daardoor kwetsbaarder en bovendien aanmerkelijk duurder. Zij zijn meestal ingericht zowel voor 220 als 125 volt gelijk- en wisselstroom. Deze machines zijn alleen economisch voor een continu rekenbedrijf of voor berekeningen van zeer grote omvang, zoals b.v. het berekenen van hyperbolische netten (Decca).

De normaal bij hydrografie voorkomende berekeningen zijn niet van zo grote omvang en bovendien is het gewenst rekening te houden met de mogelijkheid dat geen of geen geschikte stroombron beschikbaar is (berekeningen aan de wal bij triangulaties of astronomische plaatsbepaling; verblijf in debarkementsgebouwen met afwijkend voltage). Om die reden wordt voor de normale berekeningen een handmachine (Facit L X) verstrekt op de opnemingsvaartuigen.

Het uitvoeren van berekeningen met een rekenmachine is zeer eenvoudig en vereist slechts weinig voorafgaande oefening. Bij het bepalen van de nauwkeurigheid van het eindresultaat zij men steeds indachtig aan de waarde, welke aan de laatste cijfers mag worden toegekend. Dit wordt geïllustreerd door het volgende voorbeeld: het product  $12345,6 \times 3,456789$  geeft in het resultaatregister een getal met 7 cijfers achter de komma. Slechts in het geval dat beide getallen foutloos gegeven zijn, is dit resultaat tot in de 7e decimaal juist. In het algemeen zal echter in beide getallen de laatste decimaal slechts juist zijn tot op 5 eenheden van de volgende decimaal. In een product  $y = ab$  kan dit een maximum fout veroorzaken van  $dy = b \cdot da + a \cdot db$ , wat in dit voorbeeld zou geven:  $dy \approx 3,5 \times 5 \times 10^{-2} + 12 \times 10^3 \times 5 \times 10^{-7} = 17 \times 10^{-2} + 6 \times 10^{-3} = 0,176$ .

Van de 7 decimalen in het resultaatregister is dus reeds de eerste achter de komma al niet meer betrouwbaar; alle overige decimalen hebben eveneens geen betekenis meer. Dit is uiteraard geen tekortkoming van de rekenmachine, doch er wordt hier op gewezen, aangezien ongeofende rekenaars in de verleiding kunnen komen alle door de rekenmachine gegeven decimalen als juist te beschouwen.

## 2.43 Procota

Het „Procota” instrument (fig. 2.64) dient voor het vergroten en verkleinen van tekeningen in elke gewenste verhouding, variërende tussen 1 : 5 : 1.

Het instrument bestaat uit een vrijstaand frame van ongeveer 1,2 m hoogte, waarop een horizontale spiegelruit A aan de bovenzijde is aangebracht, die echter over geringe afstanden in verticale zin verstelbaar is. Door middel van een rondsel kan het blad A naar rechts en links verschoven worden.

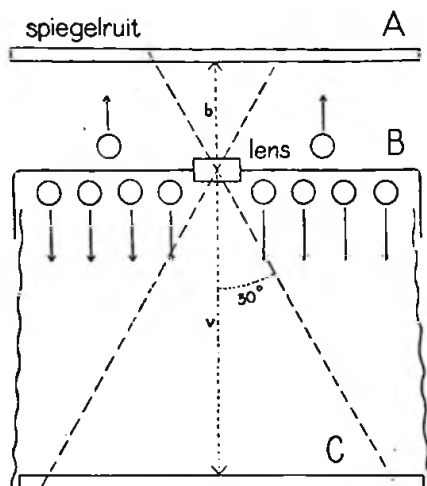


Fig. 2.64

Voorts zijn aan het frame twee horizontale bladen B en C bevestigd, die door een bijzondere constructie op en neer verschuifbaar zijn gemaakt. De verschillende standen der bladen B en C worden op een verlichte schaal aanwijzer kenbaar gemaakt, terwijl een rood alarmsignaal verschijnt, als de bladen te dicht bij elkaar komen. Het verplaatsen der bladen in verticale zin wordt verkregen door het draaien van een zwengel.

In het bovenblad B is een lens gemonteerd, terwijl aan de onderzijde van dit blad 8 elektrische T.L.-buizen à 25 Watt zijn aangebracht.

De T.L.-buizen verlichten het onderblad C, waarop de te vergroten of te verkleinen tekening is neergelegd. Door de geringe warmteontwikkeling van de T.L.-buizen bestaat er weinig gevaar op vervorming van het verlichte object.

De ruimte tussen B en C wordt van de omgeving afgesloten door een lichtdicht gordijn.

Het onderblad C is naar links en rechts, naar voren en achteren verschuifbaar.

*De lens*

De lens heeft een brandpuntsafstand van 16,5 cm. Wil men de afstanden tussen de bladen onderling globaal berekenen, dan maakt men gebruik van de bekende formule  $\frac{1}{f} = \frac{1}{v} + \frac{1}{b}$ , waarin  $f$  de brandpuntsafstand,  $b$  de beeldafstand en  $v$  de voorwerpsafstand voorstelt. Is b.v. de voorwerpsafstand  $6f$ , dus de afstand tussen de bladen B en C  $6 \times 16,5 = 99$  cm, dan is de beeldafstand  $b = \frac{fv}{v - f} = \frac{16,5 \times 6 \times 16,5}{16,5 \times 6 - 16,5} = \frac{99}{5}$  cm. De vergroting is dus:  $\frac{99}{5} = \frac{1}{5}$ . Men heeft bij een voorwerpsafstand van  $6f$  dus  $5 \times$  verkleind.

De beeldhoek van de lens is  $60^\circ$ . De diameter van de open lens is 3,67 cm. De lichtsterkte bedraagt dus bij ongediafragmeerde lens volgens de formule  $F = \frac{f}{D}$ , waarbij F de lichtsterkte en D de diameter van de lens is:  $\frac{16,5}{3,67} = 4,5$ .

### *Uitvoering*

Op het onderblad wordt de tekening neergelegd, waarbij vooral bij vergroten uiterste zorg moet worden besteed aan het volkomen vlak liggen van de tekening. Dit kan worden bereikt door op de tekening een glasplaat te leggen.

Op de spiegelruit A wordt gematteerd transparant materiaal gelegd, b.v. calqueerpapier, waarop bij zuivere vergroting of verkleining inpas mogelijkheden moeten voorkomen, zoals een ruitennet, kustlijnen, identieke punten. Met behulp van de schaalwijzer worden nu de bladen B en C globaal ingesteld, terwijl de uiteindelijke instelling optisch wordt verkregen volgens regels door de fabrikant aangegeven.

Gewezen wordt op het feit, dat men met een zuiver evenwijdige stand der bladen een optische gelijkvormigheidstransformatie uitvoert, immers de 3 elementen der transformatie, t.w. schaalwijziging, verschuiving en verdraaiing, zijn met het instrument mogelijk. Schaalwijziging wordt verkregen door verstelling der bladen B en C, verschuiving door verplaatsing der bladen C of A en verdraaiing door de tekening of calque een andere azimuthale richting in het instrument te geven.

Heeft men echter de beschikking over identieke punten, die in beide stelsels nauwkeurig bekend zijn, dan zal een numerische aansluiting aan 2 punten of een overbepaalde aansluiting de voorkeur verdienen.

Bij aansluiting aan kustlijnen tracht men het instrument zodanig in te stellen, door vergroting of verkleining van het beeld, dat de verschillen zo gering mogelijk worden.

Om te constateren of de bladen A en C evenwijdig zijn, kan men op onderblad C en bovenblad A zuivere ruitennetten neerleggen. Het beeld op het bovenblad moet dan na instelling van het instrument met het genoemde ruitennet zuiver corresponderen. Zijn de bladen niet evenwijdig, dan kan het bovenblad in verticale zin over een kleine afstand versteld worden, zoals reeds werd aangegeven. Tevens kan de mogelijkheid tot verstelling van het bovenblad gebruikt worden voor het onthoeken van luchtfoto's of het wegwerken van vervormingen van het te vergroten of te verkleinen object. Beide mogelijkheden werden tot op heden bij Hydrografie niet toegepast.

Het is mogelijk om met het Procota instrument een fotografische reproductie uit te voeren, waarbij dus het verkregen beeld fotografisch wordt vastgelegd. Bij Hydrografie wordt deze methode niet toegepast, hoewel de praktijk uitwijst, dat in sommige gevallen fotografische vastlegging van het beeld voordelen oplevert.

De „Procota” is aan de bovenzijde van kap B voorzien van T.L.-buizen, waardoor het instrument tevens gebruikt kan worden als kadastercopieerspiegel, in de praktijk „lichtbak” genaamd. Van deze mogelijkheid wordt veelvuldig gebruik gemaakt voor het beoordelen van films, het vergelijken van plastics, enz.

## 2.44 Stereoscoop

De stereoscoop is een belangrijk hulpmiddel bij het bestuderen van luchtfoto's; zij maakt het mogelijk een driedimensionaal beeld te zien. De verklaring van het

menselijk vermogen tot stereoscopisch zien wordt gegeven in par. 13.2.

De eenvoudigste vorm van stereoscoop is de *stereoscopische loupe*; een schetsmatige voorstelling hiervan is gegeven in fig. 2.65.

De waarnemer kijkt door de — 2 à 3 × vergrotende — loupes  $L^1$  en  $L^2$  naar de beide foto's 1 en 2. Aangezien de menselijke oogassen praktisch niet kunnen divergeren

of convergeren en de gemiddelde oogafstand 65 mm bedraagt, blijkt uit de figuur dat de foto's nimmer groter kunnen zijn dan 65 mm; grotere foto's zouden elkaar overlappen en het overlappende deel zou uiteraard niet bruikbaar zijn voor stereoscopische beschouwing.

Luchtfoto's zijn echter steeds van een aanmerkelijk groter formaat (veel voorkomend formaat is  $18 \times 18$  cm en  $30 \times 30$  cm). Om het stereoscopisch bekijken van dergelijke formaten van foto's mogelijk te maken, is de *klapspiegelstereoscoop* geconstrueerd. In fig. 2.66 is een tekening gegeven van het type apparaat, dat aan de opnemingsvaartuigen wordt verstrekt.

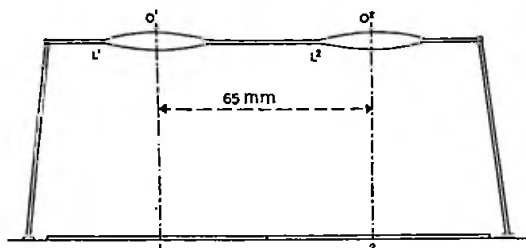


Fig. 2.65

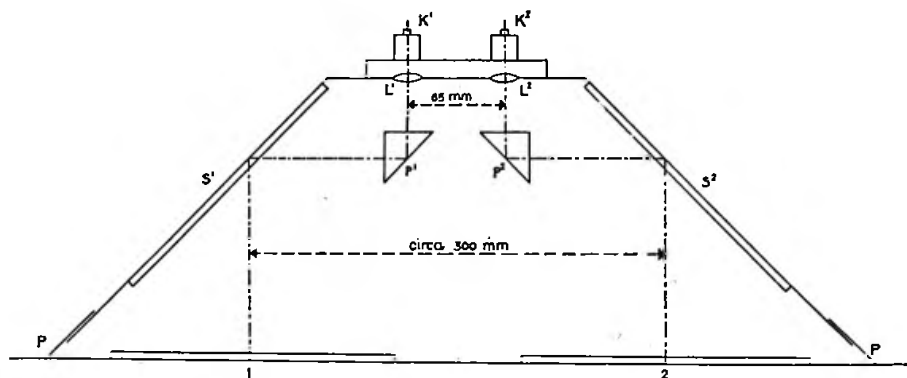


Fig. 2.66

$S^1$  en  $S^2$  zijn 2 verfoeliede vlakke spiegels;  $p^1$  en  $p^2$  twee reflecterende prisma's. De wijze waarop de stralengang bij dit instrument wordt „uitgebogen”, blijkt uit de figuur. De loupes  $L^1$  en  $L^2$  hebben in dit geval slechts een zeer geringe vergroting; dit maakt dat een groot gedeelte van foto's  $18 \times 18$  cm overzien kan worden, zonder de foto's onder het apparaat te verschuiven. Opklapbaar is op het instrument een brug aangebracht, waarop 2, vier maal vergrotende kijkers kunnen worden

opgezet. Bij gebruik van deze kijkers ziet men dus een vier maal vergroot beeld en kan men zodoende meer details in het terrein waarnemen; deze vergroting gaat uiteraard ten koste van het gezichtsveld, zodat voor het beschouwen van andere delen van de foto, het beeldpaar verschoven moet worden met behoud van de onderlinge stand.

Uit de figuur blijkt dat het maximum bij dit apparaat bruikbare fotoformaat  $30 \times 30$  centimeter is; deze afmeting is enigszins variabel, omdat de poten P van het instrument uitschuifbaar zijn.

Wil men bij het aan boord verstrekte instrument de kijkers gebruiken, dan moeten de poten ongeveer 5 centimeter worden uitgeschoven; doet men dit niet, dan is het scherpstellingsbereik van de kijkers onvoldoende.

De aan boord verstrekte instrumenten hebben verfoeliede spiegels; deze hebben het voordeel dat zij niet licht beschadigd kunnen worden, doch het nadeel dat zij dubbele beelden geven, omdat ook de voorzijde van het glas een zwak spiegelbeeld geeft; bij goede, duidelijke foto's stoort dit nevenbeeld echter niet. Sommige stereoscopen hebben verzilverde spiegels; daarbij wordt de spiegelende zilverlaag aan de voorzijde aangebracht. Zij hebben niet het nadeel van dubbele beelden, doch de spiegelende laag is kostbaar, moeilijk aan te brengen en zeer kwetsbaar. Ook metalen spiegels komen voor, welke genoemd nadeel niet hebben; zij zijn minder kwetsbaar dan verzilverde spiegels, doch kostbaar voor de hier benodigde grote oppervlakken, omdat zij moeilijker vlak te vervaardigen zijn dan glas.

Het stereobeeld, dat men b.v. van een kuststrook ziet, kan de hydrografisch opnemer talrijke, voor hem van belang zijnde, gegevens opleveren.

Metingen in dit stereobeeld kunnen verricht worden met de *stereometer*, welke zich in de doos van ieder instrument bevindt.

De stereometer dient voor het nauwkeurig meten van parallaxen (zie hoofdstuk XIII). Met behulp van deze gemeten parallaxen en een aantal andere gegevens kunnen hoogten in het stereobeeld berekend worden. Aan de stereometer kan een tekenapparaat bevestigd worden (niet verstrekt), waarmee hoogtelijnen getekend kunnen worden.

Het nauwkeurig meten met een stereometer vereist grote ervaring en het gebruik van de aldus verkregen gegevens vereist een verdergaande kennis van de fotogrammetrie dan voor de hydrografisch opnemer noodzakelijk geacht wordt. De theorie van de stereometer zal daarom hier niet behandeld worden en dit onderdeel zal aan boord niet gebruikt worden.



## III. BAKENS

## 3.1 Gewone bakens

*Inleiding.* Om punten in het terrein, in het algemeen hoekpunten der triangulatie, zodanig te markeren dat deze van grotere afstand te zien zijn, worden op die punten bakens geplaatst. Deze bestaan uit een mast van bamboe en een afgeknot kegelvormig topteken, waarboven steeds een vlag aangebracht wordt, welke door de beweeglijkheid (bij wind) en door de kleur het baken eerder in het oog doet vallen.

Bergtoppen, bomen of andere natuurlijke voorwerpen en torens, schoorstenen, enz. zijn dikwijls zó kenbaar, dat geen merkteken nodig is.

In het algemeen zijn vier grootten van kegelvormige toptekens met bijbehorende vlaggen in gebruik, welke afhankelijk van de vereiste zichtbaarheidsafstand, worden gebruikt.

Hieronder volgen de afmetingen en het benodigde materiaal der vier soorten toptekens en vlaggen. Daarna wordt een beschrijving van het gereedmaken van een 2e klasse baken gegeven, welke uiteraard met kleine wijzigingen mede van toepassing is op de 1e, 3e en 4e klasse bakens.

*1e klasse baken*, voor zeer grote afstanden. Wordt bij uitzondering gebruikt wanneer een baken zeer ver en rondom zichtbaar moet zijn. Zal bij voorkeur geplaatst worden tegen een enkele stam, waarvan de kroon weggekapt is, op een overigens kale of schaars begroeide heuveltop. De mast van het baken wordt gemaakt door twee bamboes met de dikke tegen de dunne einden stevig samen te bindselen en hiertegen een extra lange bamboe met haar dikke einde over  $\frac{1}{3}$  van haar lengte te bevestigen, zodat een lange en sterke mast verkregen wordt.

Het 4 m hoge topteken wordt gemaakt uit:

24 verticale latten, lang 4,24 m, voor het buitenraam;

1 ondercirkel van 24 m ineengedraaid rottan, straal 1,80 m, 24 latten, lang 3,66 m;

1 middencirkel van 17 m ineengedraaid rottan, straal 1,25 m, 16 latten, lang 2,56 m;

1 bovcncirkel van 10 m ineengedraaid rottan, straal 0,70 m, 8 latten, lang 1,46 m;

40 m<sup>2</sup> katoen voor het baken;

verder 12 m<sup>2</sup> voor de vlag van 4 m hoogte en 3 m breedte.

*2e klasse baken*, voor grotere afstanden. Voor gereedmaken en plaatsen zie hierna. Voor mast gebruikt men één extra lange bamboe.

Het 3 m hoge topteken wordt gemaakt uit:

24 verticale latten, lang 3,24 m;

1 ondercirkel van 20 m ineengedraaid rottan, straal 1,50 m, 16 latten, lang 3,06 m;

1 middencirkel van 14 m ineengedraaid rottan, straal 1,00 m, 8 latten, lang 2,06 m;

1 bovcncirkel van 6 m ineengedraaid rottan, straal 0,40 m, 8 latten, lang 0,86 m;

30 m<sup>2</sup> katoen voor het baken;

verder 6 m<sup>2</sup> katoen voor de vlag van 3 m hoogte en 2 m breedte.

*3e klasse baken.* Dit is het in de practijk meest gebruikte triangulatie- en loding-baken, daar het vlug op te zetten is en op 6 à 7 zeemijl nog te zien is. Het heeft slechts 2 ringen.

Het 2 m hoge topteken wordt gemaakt uit:

- 16 verticale latten, lang 2,18 m;
- 1 ondercirkel van 15 m ineengedraaid rottan, straal 1,0 m, 16 latten, lang 2,06 m;
- 1 bovensirkel van 1,3 m ineengedraaid rottan, straal 0,2 m, 4 latten, lang 0,44 m;
- 6,5 m<sup>2</sup> katoen voor het baken;
- verder 4 m<sup>2</sup> katoen voor de vlag van 2,5 m hoogte en 1,5 m breedte.

4e klasse baken, voor zeer kleine afstanden, niet meer dan 4 zeemijl. Wordt veel gebruikt in baaien of voor lodingwerk dicht onder de kust.

Het kegelvormige topteken wordt samengesteld uit 1 ondercirkel van 3,25 m rottan, straal 0,5 m, met 6 latten van 1,04 m en een bekleding van 1,75 m<sup>2</sup> katoen; de vlag is 1,5 × 1,8 m. Het kan dichtgevouwen worden meegenomen.

Voor het trianguleren en beloden van rivieren gebruikt men lichte bamboes met één of meer bollen van 0,5 m hoogte en gemaakt van rottan ringen, bekleed met wit of gekleurd katoen. Hier maakt men ook wel gebruik van z.g. „hoedjes”, dat zijn miniatuur 4e klasse bakens zonder latten, met of zonder vlag, welke aan een tak kunnen worden opgehangen. Ook wordt nog vermeld het dubbelkegelbaken, bestaande uit 2 kegels met de grondvlakken tegen elkaar, waarbij de bovenste kegel wit is en de onderste blauw, welk baken — eventueel met een blauwe vlag er boven — als zeebaken goed te zien is, vooral bij zonneschijn.

*Optuigen van 2e klasse baken.* Het volgende materiaal is hiervoor benodigd:

- 10 stuks bamboe petong, lang 15 m;
- 40 m rottan;
- 36 m bakenkatoen;
- 4 kluwen schiemansgaren 3 draads;
- 1 streng zeilgaren 3 draads;
- 150 m slapping (tali anak);
- 0,15 kg wit naaigaren.

Nadat de plaats voor het baken is uitgezocht, dient eerst al het kapwerk voor een vrij uitzicht en voor onbelemmerd hijsen van het baken te geschieden, opdat dit later bij het ophijzen niet beschadigd zal worden. Hierna wordt aan de voet van de boom het baken op de volgende wijze gereedgemaakt.

Vervaardig door rottan rond te winden en te bindselen een stevige ring (zie fig. 3.1) van dubbel rottan van 3 m middellijn en bevestig daarin 8 latten aa van gespleten bamboe met inkepingen aan de uiteinden, 4 onder en 4 boven de ring; bindsel die aan de ring en aan elkander, ook in cc. Vervolgens worden de 8 latten bb door de latten aa heen gevlochten en eveneens aan de rottan ring bevestigd. De kruispunten der latten worden eveneens gebindseld. In het midden wordt aldus een stevig gevlochten achtkantige opening verkregen.

Vervolgens worden de midden- en bovenste cirkel vervaardigd met een middellijn van resp. 2 m en 0,8 m met gevlochten en gebindselde ramen van 8 latten, waarbij de latten bb komen te vervallen. De opening in het hart der ringen mag niet groter zijn dan nodig is om de bamboe door te laten.

Men hangt nu de drie ringen in de middelste opening op de bamboe, welke is uitgekozen als mast en verbindt de 3 ringen door de 24 verticale latten, welke hier stevig aan verbonden worden.

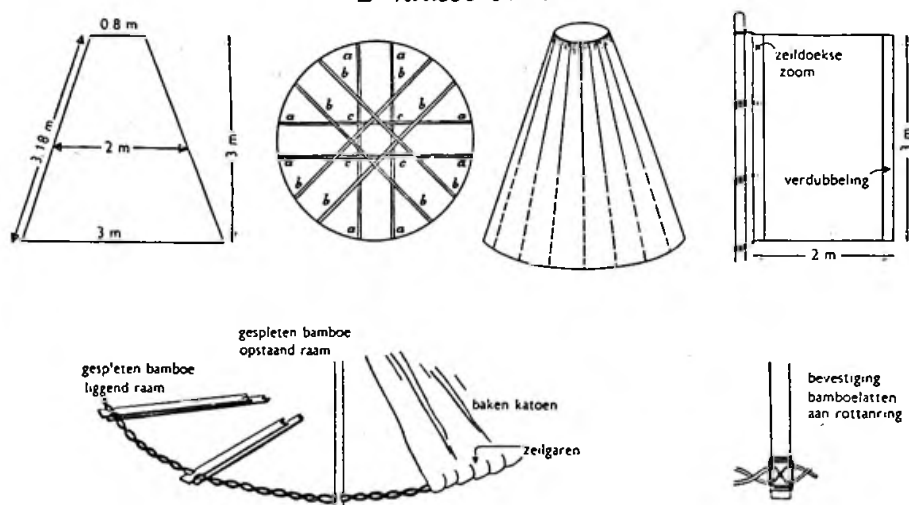
2<sup>e</sup> klasse baken

Fig. 3.1

Het overtrek van het topteken is aan boord samengesteld uit banen katoen, elk lang 3,5 m, waarbij elke baan schuin in de lengte is doorgesneden, zodat rechthoekige trapeziumvormige stroken zijn verkregen, welke twee aan twee met de rechthoekszijden aaneengenaaid zijn, zodat banen in de vorm van gelijkbenige trapezijs zijn verkregen, welke aaneengenaaid een afgeknot kegelvormig overtrek vormen, hetwelk om het toptekengeraamte past.

Nadat dit overtrek om de boven- en onderring is heen genaaid met zeilgaren en ook aan de middenring en voor zover nodig aan de verticale latten is bevestigd, worden de boven- en onderring op de juiste plaats stevig aan de bamboe bevestigd.

De vlag, welke eveneens aan boord genaaid is, is 3 m hoog en 2 m breed. Tussen topteken en vlag blijft een ruimte van 3 m. De vlag heeft verdubbelingen aan de buitenrand en een zeildoekse zoom aan de binnenzijde, waardoor het schiemansgaren loopt, waarmee de vlag aan boven- en onderzijde aan de bamboe bevestigd is; de zoom wordt bovendien nog op meerdere plaatsen aan de bamboe vastgemaakt.

Alvorens het baken vóór te hijsen, wordt — en dit geldt voor alle te plaatsen bakens — het katoen van topteken en vlag door messteken op vele plaatsen waarde-loos voor mogelijke dieven gemaakt.

Bij het ophijzen en plaatsen van het baken dient het staartblok, waardoor de wipper geschoren is, dadelijk op een zodanige plaats in de top van de boom bevestigd te worden, dat het baken na het hijsen direct op de juiste plaats in de boomtop vastgemaakt kan worden. Het einde van de wipper wordt iets boven het zwaartepunt van het baken op de bamboe vastgemaakt, zodat dit in schuine stand opwaarts gaat, daarbij van beneden geleid door een staarteind op de voet der bamboe en van boven door de boomklimmers. Gewoonlijk wordt nog op de halende part van de wipper een derdehands takel gezet.

Nadat het baken in zuiver verticale stand en stevig aan de boomtop bevestigd is, wordt van enkele stokken een zaling in de boomtop onder het topteken gemaakt, waardoor het mogelijk is rustig te meten met de sextant tegen de bamboe aan.

Betreffende de *soort* en *kleur* van te plaatsen bakens wordt het volgende opgemerkt.

De *soort* van het baken wordt door de leider der opname bepaald in verband met de voor de triangulatie vereiste zichtbaarheidsafstand. Bij grote afstand zal de keuze vallen op het 2e klasse baken. Het 1e klasse baken wordt zelden gebruikt i. v. m. het vele hiervoor benodigde materiaal. Zoveel mogelijk worden 3e klasse bakens gebruikt. Voor lodingbakens neemt men de handige 4e klasse bakens of in rivieren de bolbakentjes en hoedjes, waarin grote verscheidenheid kan worden aangebracht door kleur en aantal der bollen, hoedjes en vlaggen.

Bij het vaststellen van de *kleur* van vlag en topteken wordt op achtergrond en belichting gelet. De algemene regel is om wit te gebruiken tegen het land en blauw tegen de lucht. Hoewel wit tegen het land goed opvalt bij gereflecteerd licht, dus met de zon achter de waarnemer of op zij, zo kan wit slecht zichtbaar zijn wanneer de zon achter het baken staat of dit in de schaduw of in de heiligheid staat. Daarom kan een rode vlag, welke door zijn levendige kleur opvalt, tegen het land van nut zijn. Bij de opname worden voor walbakens graag vlaggen gebruikt, waarvan de bovenste helft rood en de onderste helft wit is, daar deze in de praktijk zeer goed voldoen. Is het land verdord en kleurloos, zoals in de droge moesson voor kan komen, dan contrasteert zwart echter beter dan wit of rood en neemt men in deze gevallen een blauwe of blauw-witte vlag.

Tegen de lucht is blauw een betere kleur dan rood, omdat blauw het meest het licht onderbreekt. Daarom zal op een heuveltop zonder achtergrond of voor een zeebaken bij voorkeur een blauw topteken en een blauwe of blauw-witte vlag gebruikt worden.

In bepaalde gebieden moet men kleurencombinaties vermijden die de bevolking in politiek opzicht als kwetsend aanvoelt. Men kan er anders zeker van zijn dat deze bakens verdwijnen.

*Bakenkatoen.* Hoewel de kostenfactor bij het aanschaffen hiervan een rol zal spelen, moet wel overwogen worden dat hoe dichter het weefsel is hoe groter ook het reflecterend vermogen is en hoe minder snel het baken zal verwaaien. Bovendien moet er bij blauw of rood katoen op gelet worden dat dit kleurvast is. Dit is eenvoudig na te gaan door het goed nat te maken en daarna uit te wringen, waarbij geen kleurstof los mag komen.

*Voorraad bakens.* Steeds moeten alle soorten van toptekens en vlaggen in voldoende voorraad aan boord aanwezig zijn. Het gereedmaken hiervan geschiedt in een speciaal hiervoor bestemde ruimte waar alle benodigde zaken, zoals b.v. naaimachine, aanwezig zijn. Het bakenmaken wordt altijd door een zelfde gewoonlijk oudere persoon verricht, die hiervoor steeds aan boord blijft. Van ieder gereedgemaakt topteken worden de latten, zowel de verticale als de horizontale, zorgvuldig bij elkaar gebundeld en gemerkt. Ook de overtrekken en de vlaggen dienen na genaaid te zijn te worden gemerkt, alvorens ze op te bergen, zodat immer de baakzetploeg de juiste onderdelen voor het opgegeven baken meekrijgt. Van de toptekens 4e klasse bakens, bollen en hoedjes houdt men een voorraad geheel gemonteerd gereed.

## 3.2 Rifbakens

Wanneer de triangulatie zich uitstrekt over brede riviermondingen of over ver in zee uitlopende ondiepten of over losliggende gevaren, worden vaste bakens in ondiep water opgericht, z.g. rifbakens. Daar deze bakens zowel voor triangulatie doeleinden

als voor lodingpunten dienen, moeten deze zo stevig mogelijk geplaatst worden. Dit zal op droogvallende banken geen moeilijkheden opleveren. Het plaatsen van rifbakens in vrij diep water — het is nog mogelijk tot  $\pm 5$  m diepte — wordt hieronder behandeld.

Heeft men de meest geschikte plaats in verband met diepte en grondsoort (bij voorkeur modder of klei), zichtbaarheid t.o.v. de kust en i.v.m. het verloop van de bodem bepaald, dan verankert men hier de vlet en wordt daarin het baken gereedgemaakt. De bamboes, welke als mast en drie- of vierpoot gebruikt zullen worden, worden aan de voet puntig gemaakt en voor zover deze bij hoogwater onder water zullen komen van gaten aan de bovenzijde der geledingen voorzien om het drijfvermogen te verminderen. Verder worden aan de voet der bamboes ballastschuitjes bevestigd, waardoor de poten aan zwaarte winnen en tevens gemakkelijker te plaatsen zijn. Twee der poten worden aan weerszijden van de spiegel gelegd en bijgestopt en voor een driepoot één poot evenzo over de boeg (zie fig. 3.2). Bij gebruik van een vierpoot komen twee bamboe-einden aan weerszijden van de boeg. Hierna wordt een voorlopig bindsel om het kruis gelegd, dat ook bijgestopt moet worden, omdat de verzwaarde poten ver buiten de vlet uitsteken.

Op een sein worden alle stroppen losgesneden en de sloep iets op het dreggetouw doorgehieuwd, zodat de drie- of vierpoot met een goede spreij in het water komt te staan. Hierna wordt de stand der poten verbeterd door duikers, die de poten op de bodem verplaatsen en bij koraalformatie deze hieraan vastbinden.

Vervolgens wordt de mast met het geheel gereedgemaakte topteken en vlag verticaal langs het voorlopig kruisbindsel geplaatst en zo mogelijk in de grond gedreven en daarna wordt om het kruis en de mast een stevig kruisbindsel ge-

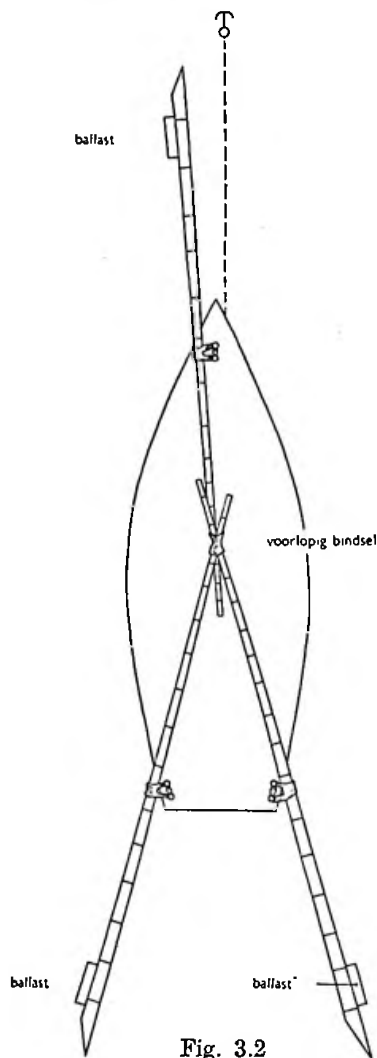


Fig. 3.2

legd. De drie- of vierpoot wordt onderling verstevigd door dwarslatten onder water en de mast wordt onder water aan de poten gebindseld om een vast geheel te verkrijgen. Valt het rif voldoende droog, dan wordt de voet van de mast aan de dwarslatten

bevestigd, zodat recht onder het baken met de theodoliet gemeten kan worden.

Bij zand- of modderbodem zullen de onderste geledingen der bamboes daarin wegzakken en door de aangebrachte gaten vol zand of modder zuigen en daardoor zeer vast op de bodem staan. Een goed rifbaken houdt het in goed weer allicht zes weken uit.

Kan men harde wind verwachten, dan brengt men onder het topteken stagen aan, waarvan de uiteinden zo veel mogelijk in de richting van de te verwachten winden aan koraal, stenen of piketpalen verankerd worden.

### 3.3 Drijfbakens

Deze worden gewoonlijk gebruikt wanneer het lodingwerk zich zo ver zeewaarts uitstrekt, dat geen plaatsbepaling op de walbakens of andere merken meer te verkrijgen is. Zo werd b.v. de Malatajurbank, welke 40 zm beZuiden de kust van Borneo van de wal uitsteekt, getrianguleerd met gebruikmaking van 34 bamboedrijfbakens, welke in een brede strook van driehoeken rondom de bank werden verankerd en waarvan de richting door middel van astronomische peilingen werd gecontroleerd. De hoeken werden steeds van het schip af, dus buitenbaaks gemeten en later hiervoor gecorrigeerd. De drijfbakens lagen ongeveer 7 zm van elkaar. Opmerking verdient dat geen der drijfbakens was verdreven of gezonken in acht weken tijds.

Bij het leggen van drijfbakens houde men rekening met het volgende:

1. De totale lengte van de ankertros (met ketting) moet  $2\frac{1}{2}$  à 3 maal de diepte ter plaatse bedragen. Wordt deze korter genomen om een kleinere draaicirkel te krijgen, dan wordt bij hoge deining de verankering enigszins gelicht en door de kracht der golven op het baken meegetrokken over de bodem; dan gaat het baken „wandelen”.
2. De verbinding van het drijfbaken aan het zinkstuk van 250 kg, dat als anker dient, bestaat uit een voorloop van manillatros van 10 cm of staaldraadtros van 25 mm, welke voorloop ruim zo lang moet zijn als de diepte bedraagt en verder de bij kalm weer op de grond liggende ankerketting of tuigketting van 8 à 10 mm. De ketting is beter bestand tegen slijtage door het schuren over de grond dan de tros en zorgt voor een verende werking bij zeegang. Bij gebruik van manilla voorloop mag men niet nalaten deze flink te bekleden waar deze op de grond komt of schavielt tegen het baken, daar de tros anders op den duur ter plaatse doorschuurt.

Afgezien van als drijfbaken gebruikte verankerde sloepen, voorzien van een bamboemast met vlag en van de door lodingsloepen meegenomen boeitjes met vlag om gevonden riffen te markeren en nader te onderzoeken, zijn twee soorten van drijfbakens in gebruik:

1. het bamboedrijfbaken,
2. het Egeriadrijfbaken.

Het *bamboedrijfbaken* (zie fig. 3.3) wordt geheel aan boord samengesteld uit bamboe. Het drijverlichaam bestaat uit 60 à 70 stuks op 2,10 m lengte gekapte stukken bamboe, welke onderling stevig bevestigd worden en waar omheen bovendien meerdere stevige bindsels van oud touwwerk worden gelegd. Door het midden, aan de drijver stevig bevestigd, loopt de mast, bestaande uit 1 of 2 bamboes petoeng; deze mast moet een lengte hebben van 15 m en steekt 4 m onder de drijver uit.

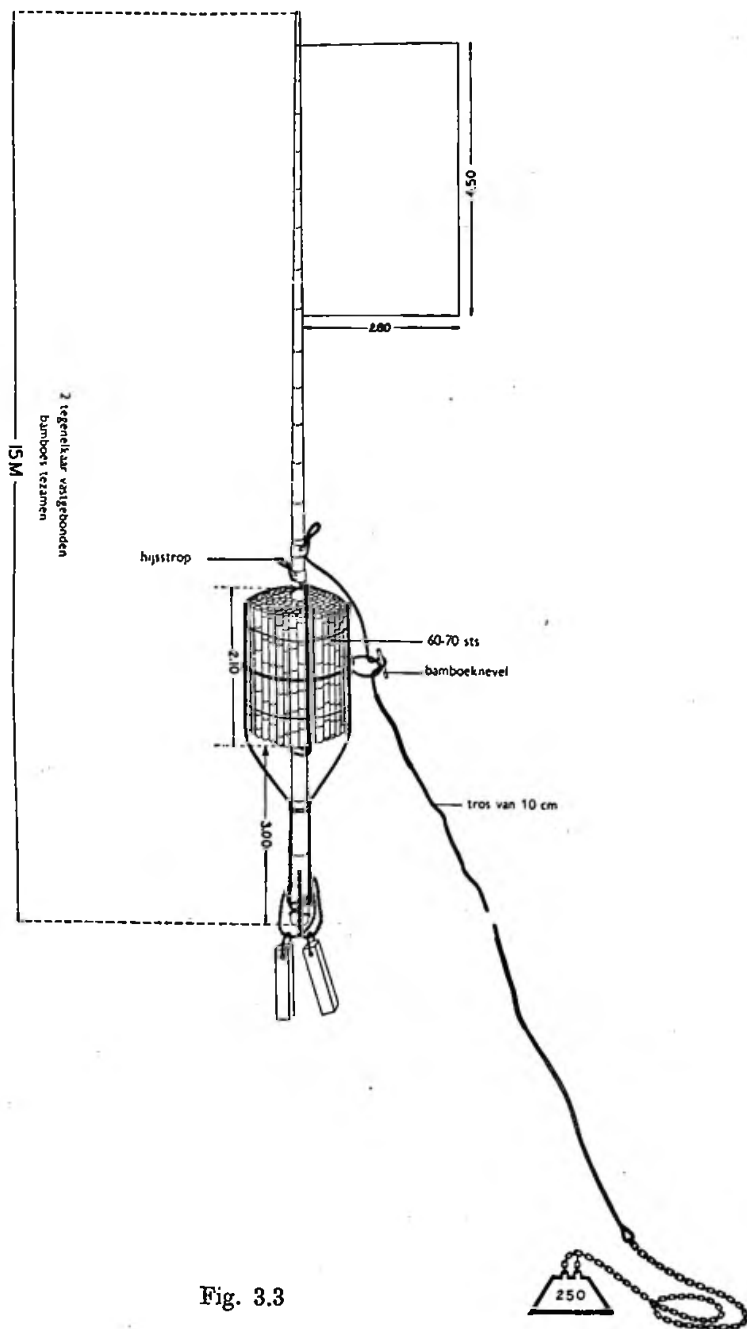


Fig. 3.3

Aan de masttop is de vlag bevestigd, die 4,5 m hoog en 2,6 m breed is. Het verdient aanbeveling de bovenzijde der vlag aan een uithouder te bevestigen ter vermijding van slap neerhangen bij windstilte. Deze vlag is van 10 m ooghoogte ongeveer 11 cm zichtbaar. De hijsstrop van het baken is om het drijverlichaam heengenen en daarboven aan de mast vastgemaakt. De ankertros heeft zijn trekpunt aan de drijver, waarop hij met een bamboeknevel is vastgezet aan een oog van de sjorring om de drijver, terwijl het einde van de ankertros aan de mast boven de drijver is bijgestopt. Door deze wijze van bevestiging kunnen baken en verankering gemakkelijk afzonderlijk gelicht worden.

Om het baken rechtop te doen drijven wordt het onder eind van de mast verzaard met 150 kg ballast. De voet is daarvoor op twee plaatsen doorboord, waardoorheen stroppen van dunne ketting komen met aan elk 75 kg. Voor deze stroppen mag geen staal draad gebruikt worden, daar dit doorschavielt. Om het verloren gaan van de ballast te voorkomen indien de mast onder de drijver breekt, wordt het onder eind van de mast geborgd met een tros van 8 of 9 cm met een mastworp om het onder einde onder de ballast.

Het drijfbaken wordt horizontaal aan dek opgetuigd en met de kraan gehesen en buitenboord gezwaaid, waarbij het zo hoog gehesen moet worden dat het gewicht onder het baken vrij gaat van dek en reling. Het zinkstuk, dat dienst doet als anker, wordt naar voren gebracht en buitenboord gehangen in een touwen strop en de ankertros op het buitenboord gezwaaide baken gesloten. Zodra het schip op de bestemde plaats is gekomen, wordt het baken afgevierd tot de drijver op het water komt en een touwen strop door het hijs oog genomen en de hijs haak uitgepikt. Daarna wordt bij langzaam deinzend schip het zinkstuk losgesneden en na het uitlopen van ketting en voorloop het baken eveneens. De vlag wordt vrijgemaakt als het baken langszij te water ligt.

Om het drijfbaken te hijsen moet het voorschip er zo dicht mogelijk langs gemanoeuvrerd worden, daarbij rekening houdende met wind en stroom. Als het baken goed langszij is genomen, pikt een man in een bootsmansstoeltje buitenboord de hijs haak van de winch in het hijs oog en kan het baken zo hoog gehesen worden, dat van dek af een hijs eind aan het oog van de ankertros bevestigd en deze van het baken vrijgemaakt kan worden. Hierna worden baken en verankering afzonderlijk doorgehieuid en binnenboord genomen, waarbij de ankertros buitenboord op en neer moet blijven staan en daarop niet meer kracht dan nodig gezet mag worden.

*Egeria drijfbaken.* Zie fig. 3.4 en 3.5. Dit drijfbaken bestaat uit twee ijzeren drums van 196 l inhoud elk, welke ingelaten zijn in houten planken aan boven- en aan onderzijde, welke planken door ijzeren stangen met moeren aan elkaar zijn verbonden, aldus met de drums een geheel vormend. Tussen de drums en door verbuste gaten in het midden der planken loopt de mast. Het drijverlichaam wordt door opsluitpennen door de mast aan onder- en bovenzijde van de drijver op zijn plaats gehouden. De mast, gemaakt van moulmain teak, is 10 m lang en de aan de mast verbonden steng van aluminium 9 m.

Het baken wordt recht gehouden door een gewicht van 133 kg, dat met een sluiting aan een oog onder de voet hangt.

De verankering is overeenkomstig die van het bamboedrijfbaken, echter bevindt zich hier in het boveinde der manilla- of staal draad voorloop een oog met kous, waarin een harpsluiting. Hierin worden de eindschalen gesloten van een spruit



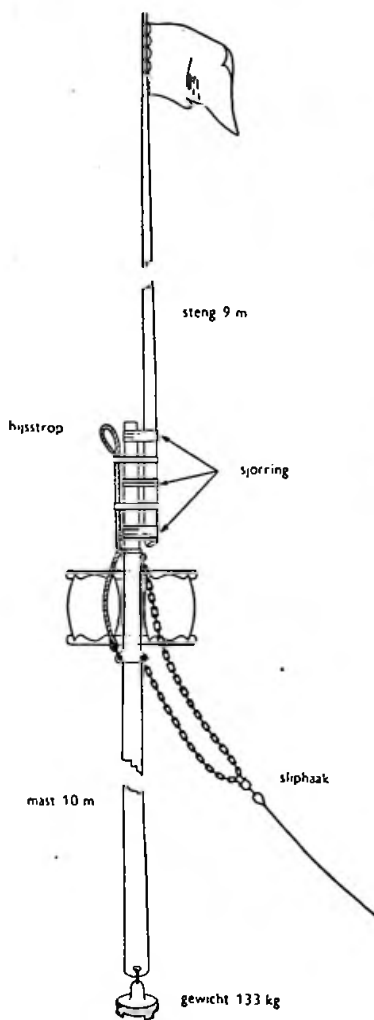


Fig. 3.4

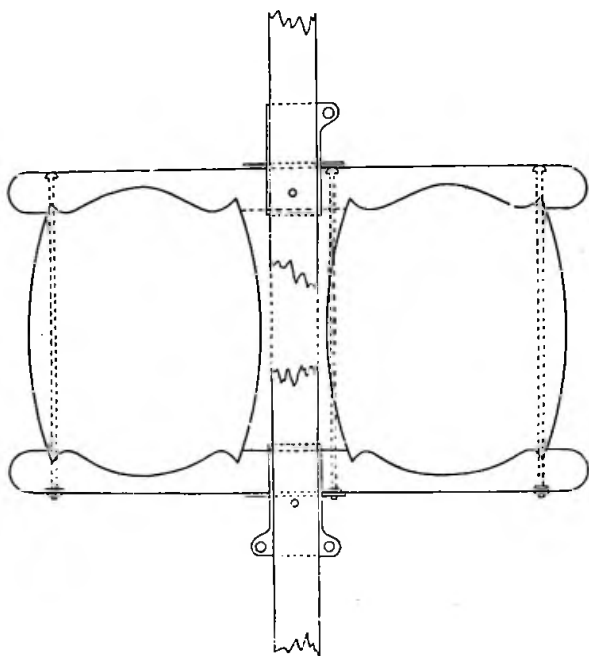


Fig. 3.5

van dunne tuigketting. Het bovenste eind van de spruit, 3 m lang, wordt met een harpsluiting op een oog in de bus van de mast boven de drijver gesloten en het onderste eind van de spruit, 2,5 m lang, op dezelfde wijze aan de mastbus onder de drijver.

De hysstrop wordt met een sluiting bevestigd aan een tweede oog op de bus van de mast onder de drijver, om de drijver heengenomen en daarboven met 2 halve steken om de mast genomen en opwaarts aan de mast bijgestopt, zodat het hyssoog met kous gemakkelijk gepikt kan worden bij het hijsen.

Het leggen en lichten van het Egeria drijfbaken heeft op overeenkomstige wijze als bij het bamboe-drijfbaken plaats.

#### 3.4 Voorwaarden voor plaatsing baken

De bakens zullen altijd door een opnemer als hoofd van de baakzetploeg geplaatst worden, daar de plaats met kennis van zaken en met overleg uitgekozen moet worden. De bakens moeten op ongeveer gelijke afstanden langs de kust geplaatst worden, maar bij grillig verlopende kusten zullen ten behoeve van de kustbepaling en van de plaatsbepaling tijdens het loden meer bakens gezet worden dan langs een gestrekte kust.

1. De plaats waar een baken ongeveer moet komen wordt in eerste instantie bepaald door de opzet der triangulatie. Aan de hand van de daaromtrent gegeven aanwijzingen zoekt de leider der baakzetsploeg een plaats waar het baken zoveel mogelijk rondom zichtbaar is, b.v. op een heuvel of een eilandje of een hoge boom, en vanwaar uit ook op de andere triangulatiebakens gemeten kan worden. Ook moet een zo uitgebreid mogelijk zee- en kustgedeelte zichtbaar zijn. Vooral bij drijvende triangulatie moet vrij uitzicht op zee mogelijk zijn.

Tenzij het baken op een kale of bijkans kale heuveltop geplaatst kan worden, zal dit in een hoge, alles overziende boomtop geplaatst moeten worden. Dit is een werk van ervaring en oordeel. Het belangrijkste is het vanuit de sloep aanwijzen van een goed kenbare boom, gewoonlijk de hoogste in de omtrek en dan, aan de wal zijnde, diezelfde boom terug te vinden.

Worden langs een kust, waar door hoge branding niet geland kan worden, baakzettoghten gemaakt waarbij meerdere bakens geplaatst worden, zo gebruike men hiervoor 2e klasse bakens, welke  $\pm 6$  zm uit elkaar komen, zodat triangulatie met drijvend schip mogelijk is (dit laatste gebeurt niet wanneer de bakens nabij topografische pilaren worden geplaatst). Voor de triangulatie moeten de bakens aan de eis van wederkerige meetbaarheid voldoen en in alle gevallen aan de eis van vrije zichtbaarheid naar en vanuit zee. Ten behoeve van het lodingwerk worden daarbij tevens de nodige lodingbakens op van zee uit goed zichtbare plaatsen langs de kust geplaatst.

2. Bij keuze tussen verschillende plaatsen voor het baken wordt rekening gehouden met de er aan verbonden hoeveelheid kapwerk. Deze moet zo klein mogelijk gehouden worden. Dit is eveneens een zaak van ervaring. Bij onjuiste beoordeling hiervan is het mogelijk, dat men dagen verliest aan kapwerk. Is het baken niet zodanig op te stellen dat het geheel rondom zichtbaar is, dan moeten in ieder geval sleuven gekapt worden, zodat wederkerige zichtbaarheid t. o. v. de er mee samenhangende triangulatiebakens verzekerd is.

Bij een omhuigende kust vermijde men het plaatsen van triangulatiebakens aan de kuststrand, daar dit te veel kapwerk met zich brengt. In dit geval kunnen rifbakens uitkomst brengen, evenals bij het rondtrianguleren van een hoek.

3. Indien enigszins mogelijk wordt een plaats uitgezocht vanwaar *onder* het baken met de theodoliet gemeten kan worden, eventueel excentrisch. De bodem moet hierbij van voldoende vastheid zijn. Alsdan wordt vanuit het midden van de onderste ring van het topteken een schietlood op de grond neergelaten om hierop de plaats van het baken nauwkeurig aan te geven en tevens om zo nodig de afstand en richting der excentrische opstelling zuiver te kunnen bepalen (zie ook par. 7.1.3).

4. Alle bakens moeten zuiver rechtop staan. Daar de plaats van het baken een meetkundig punt voorstelt, moet bij het bevestigen nauwkeurig toegezien worden, dat het een loodrechte stand inneemt. Wordt op niet te grote afstand op het baken gemeten, dan neemt men voor meetpunt het midden van de onderkant van het topteken. Uit het baken echter wordt tegen de mast aan onder het topteken gemeten. Staat het baken scheef, dan zijn hierdoor geen sluitende driehoeken te krijgen. Dit euvel wordt nog verergerd, doordat bij schuine stand de vlag ver uit het meetpunt komt en daardoor de metingen op het baken sterk ten ongunste beïnvloedt. Tenzij het baken zuiver rechtop staat, kan alleen op de sub 3 genoemde wijze centrish gemeten worden. Verder wordt een driehoek zo mogelijk gelijktijdig (dus in elk baken een waarnemer) volgemeten of anders zo snel mogelijk achter elkaar.

## 3.5 Merken en beschrijving standplaats bakens

Daar de bakens der triangulatie, waarvan de geografische positie met veel zorg is bepaald, na enige tijd door weer en wind of mogelijk door de bevolking zullen verdwijnen, dienen die bakens, welke bij een toekomstige heropneming van dienst kunnen zijn, op een zodanige wijze gemerkt te worden, dat de plaats hiervan later altijd terug te vinden is. Doordat de opnemer, die alleen zijn eigen in gang zijnde opneming in het oog had, hier niet steeds voor zorgde, is later bij heropnemingen veel arbeid verricht, welke onnodig geweest ware wanneer de plaats der oude triangulatiebakens op het terrein goed gemerkt en bekend was geweest. Alleen door gebruik te maken van hetzelfde driehoeksnet bestaat bij heropnemingen de mogelijkheid tot een zuiver vergelijk van de resultaten en tot een goede inpassing in de zeekaart.

Aangezien het in verband met de daaraan te besteden tijd niet gewenst is om alle bakens van permanente merken te voorzien — van rifbakens is dit zelfs praktisch uitgesloten — moet door de opnemer met inzicht en juist oordeel bepaald worden welke bakens blijvend gemerkt zullen worden. Hierbij zijn van invloed de figuratie

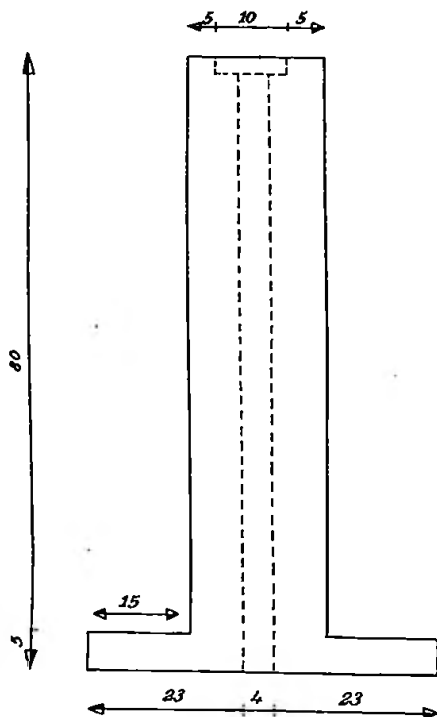


Fig. 3.6

gewicht  $\pm 122$  kg (zie fig. 3.6). Het bovenste gedeelte heeft een vierkante doorsnede van  $20 \times 20$  cm, bij een hoogte van 80 cm. Het onderste gedeelte is een ronde schijf van 50 cm diameter. Van onder tot boven heeft de pilaar een ronde uitsparing voor

der kust, de eisen der scheepvaart en de bodemgesteldheid. De opnemer dient zich hierbij in gedachte te verplaatsen in de toestand van de leider der toekomstige heropneming, die zijn ladingwerk zal willen laten berusten op de triangulatiegegevens der eerste opneming, die de grondslag der kaart vormen. Ook bakens, welke voor aansluiting als anderszins van bijzonder gewicht zijn, b.v. wanneer er een astronomische plaatsbepaling bij heeft plaats gehad, merkt men op permanente wijze.

Nog beter dan bakens te merken is het om in de triangulatie kenbare natuurlijke of bestaande kunstmatige objecten op te nemen, als b.v. een rots of een lichttoeren of bol- of kegelbakens op ijzeren schroefpalen of vlaggestokken. Wordt later echter van kunstmatige objecten gebruik gemaakt, dan moet ter plaatse deugdelijk geïnformeerd worden of deze in de loop der tijden niet zijn verplaatst.

Een baken wordt permanent vastgelegd door er een *pilaartje* bij te plaatsen of te metselen, waarop een koperen plaat met inschrift „Hydro — jaartal en volgnummer”.

Hiervoor kan gebruikt worden een cementen pilaartje van vastgesteld model,

het doorlaten van een gasbuis. Bovenin is een vierkante uitsparing voor het inlaten van een koperen plaatje. Op 50 cm onder het bovenvlak zijn uitsparingen in de zijwanden voor het doorlaten van een ijzeren stang om daar bij het hijsen een strop om te kunnen slaan.

Voor het plaatsen wordt eerst een kuil gegraven en een gasbuis in de grond gedreven. In de kuil wordt een stevige horizontale bedding van grint en zand gelegd. De gasbuis wordt zo ver afgezaagd dat het bovenvlak onder de vierkante uitsparing zal komen, waarna de buis met cement wordt gevuld. Hierna wordt de pilaar over de gasbuis geplaatst, zodat ze 30 cm boven de grond blijft. Hierna wordt het koperen plaatje vastgemetseld en de kuil verder gedicht.

Wordt het pilaartje gemetseld, dan dient dit vakkundig te geschieden met een stevige fundatie minstens 3 dm diep in de grond, zodat verwacht kan worden dat het vele jaren weer en wind zal trotseren. Dit klemmt te meer wanneer het gebouwd wordt op een afgelegen plaats. Gemetseld wordt van stenen en specie, gevormd uit 1 deel cement op 3 delen fijn zand, goed gemengd met gebruikmaking van zoet water. Alle pilaren worden schriftelijk in de zorg van de desbetreffende bestuursambtenaar aanbevolen.

Een beschrijving met schets van pilaar en omgeving wordt gemaakt voor het pilaartjesregister (zie par. 16.5) om later het terugvinden te vergemakkelijken. Hierin worden vermeld:

1. het opschrift, b.v. Hydro. 1939 No. 7;
2. globale aanduiding der plaats, b.v. S kust Borneo bij Kampung Kuning of op Tg. Selatan;
3. geografische lengte en breedte van de pilaar;
4. de bodem, b.v. op vlak grasland met zandgrond;
5. de maten van de pilaar en hoe diep deze in de grond staat, b.v. afgeknotte pyramide, hoog 50 cm, bovenvlak  $30 \times 30$  cm, 30 cm diep in de grond, of model pilaar;
6. de afstanden en azimuthale richtingen van het midden van de pilaar tot het baken, tot de hoogwaterlijn en tot een eventueel aanwezige rots of boom;
7. gemeten hoekenuit de pilaar, welke dienst kunnen doen voor het terugvinden ervan;
8. aanwijzingen hoe de plaats te bereiken is en wie in de nabijheid wonende inlichtingen kan geven.

De boom, waarin het baken staat, kan ook gemerkt worden door enige ringen in de schors te snijden. Dit merk is ook blijvend, maar men wake er voor dat de ringen niet geheel rondom de stam lopen of dat men in het cambium snijdt, daar de boom dan op den duur dood gaat.

De plaatsen van triangulatiebakens worden soms permanent aangeduid door witte driehoeksborden, goed zichtbaar hoog in de boom geplaatst, wanneer hierop periodieke heropnemingen van drempels of vaarwaters plaats vinden. Dergelijke driehoeksborden worden mede gebruikt voor het leggen of herleggen van betonnen. Deze wijze van merken zal vooral van nut zijn op moerassige kusten en als de aansluiting op andere triangulatiepunten zeer tijdrovend zou zijn. Dergelijke witte borden dienen in de zorg van de havenmeester of bestuursambtenaar van de naastbijliggende plaats te worden aanbevolen en door deze te worden onderhouden.

Gegevens betreffende de bakens of een omschrijving der voor de triangulatie gebruikte punten tekent men aan in het hoekmeet- en bakenregister (zie par. 16.2).

Aan de bakens worden, eventueel in alphabetische volgorde, éénlettergrepige, duidelijk klinkende namen gegeven die onderling goed in klank verschillen.

### 3.6 Onderlinge zichtbaarheid bakens

Deze is afhankelijk van de volgende punten:

1. het oppervlak van toptekens en vlaggen, zodat voor grote onderlinge afstanden een 2e of zelfs een 1e klasse baken gebruikt zal worden, terwijl voor kleine afstanden, b.v. bij riviertriangulatie, volstaan kan worden met 4e klasse- of bolbakens c.q. hoedjes.  
Zijn de afstanden zo groot dat zelfs 1e of 2e klasse bakens niet te onderscheiden zijn, dan kunnen dergelijke afstanden overbrugd worden door gebruik te maken van heliotropen;
2. de belichting, zodat afhankelijk van de zonnestand een baken de ene keer beter te zien zal zijn dan een andere keer.  
Bij de belichting speelt ook de kleur van topteken en vlag in verband met achtergrond en wind een rol;
3. de atmosferische toestand van de dampkring. Wanneer de lucht schoongeregend en helder is als in de Westmoesson, zal het bakenzicht veel beter zijn dan bij heijge dampkring, zoals veelal in de Oostmoesson vooral 's ochtends voorkomt;
4. de vergroting en lichtsterkte van de gebruikte kijker van het instrument. Met de theodolietkijker onderscheidt men bakens het beste en op de sextant zal men bij voorkeur de lange kijker gebruiken;
5. tussen de bakens waartussen wederkerig gemeten wordt, mogen zich geen overhangende takken e. d. bevinden. Hierop dient in het bijzonder gelet te worden bij het plaatsen van bakens. Hierbij bedenke men, dat, al ziet men zelf onder het eigen baken het andere baken goed, dat mogelijk door hogere takken het eigen baken niet geheel zichtbaar is vanuit het andere baken. Dergelijke hogere takken moeten weggekappt worden.  
Wanneer bij een wit baken de achtergrond wordt gevormd door een onderbroken bomenrij, moet een groter en duidelijker zichtbaar baken gebruikt worden, daar een klein baken niet te onderscheiden zou zijn van een opening in de bomenrij.

## IV. GEOGRAFISCHE LIGGING OPNEMING

Geen enkele hydrografische opneming is volledig, indien de afbeelding van het gekaarteerde gebied niet in een geografisch coördinatenstelsel is vastgelegd. Ook voor kleine detailopnemingen is het gewenst een geografisch net aan te brengen met het oog op een eventuele inpassing in een reeds eerder gekaarteerd of nog op te nemen gebied.

Ten einde aan deze eis te voldoen is het noodzakelijk dat voor de triangulatie van het op te nemen gebied beschikt wordt over minstens één punt, waarvan de geografische coördinaten bekend zijn. Bij voorkeur moeten van het begin- en eindpunt van de triangulatie of althans van punten in de nabijheid hiervan gelegen de geografische coördinaten bekend zijn. Bij een uitgestrekte triangulatie bieden de coördinaten van het eindpunt dan tevens een controle op de triangulatie. Bij het laatste dient de nodige reserve in acht genomen te worden voor astronomisch bepaalde punten, aangezien deze door afwijkingen van de schietloodlijn door grove fouten aangedaan kunnen zijn (zie par. 4.1.1). Voor door andere diensten reeds bepaalde punten (b.v. de P-, S-, T- en Q-punten van de Topografische Dienst) dient men zich te voren bij de betrokken dienst of uit bestaande publicaties op de hoogte te stellen van de waarde, welke aan die punten kan worden toegekend.

De geografische coördinaten van een punt kunnen op de volgende wijzen verkregen worden:

1. door astronomische plaatsbepaling;
2. door gebruik te maken van meetpunten van andere diensten, waarvan de coördinaten in een of ander stelsel zijn gegeven, welke te herleiden zijn tot coördinaten in het geografische stelsel;
3. door afpassing uit een reeds bestaande kaart.

### 4.1 Astronomische plaatsbepaling

Met behulp van de aan boord van het opnemingsvaartuig aanwezige middelen wordt een daartoe geschikt bevonden punt op astronomische breedte en lengte vastgelegd. Verschillende methoden kunnen hierbij gevolgd worden. Alvorens tot een nadere beschouwing van deze methoden over te gaan, is het gewenst enige begrippen betreffende de geografische en astronomische coördinaten te behandelen.

#### 4.1.1 Vorm en afmetingen van de aarde

a. *Het fysisch aardoppervlak.* Dit is het oppervlak van de aarde, zoals zij begrensd wordt door de vaste aardkorst, met inbegrip van alle onregelmatigheden, zoals landverheffingen en inzinkingen. Metingen te land worden op dit oppervlak verricht (fig. 4.2).

Het is een oppervlak dat zich vanwege de zeer onregelmatige vorm niet leent tot het opstellen van formules ten behoeve van in dit vlak met behulp van de meetgegevens uit te voeren berekeningen.

b. *De geoïde.* De locale richting van de zwaartekracht wordt aangegeven door een vrij opgehangen schietlood of door een dampbelwaterpas. Een loodrecht op de

locale richting van de zwaartekracht gedacht vlak noemt men een *waterpasvlak*. Voor iedere hoogte van de waarnemer geldt dus een afzonderlijk waterpasvlak, zodat er een oneindig aantal van dergelijke vlakken bestaat.

De geoïde is een denkbeeldig lichaam, waarvan het oppervlak zou worden gevormd als men zich de oceanen denkt in vrije en ongestoorde verbinding met elkaar te staan, buiten invloed van getijden, stromingen, wind, temperatuursinvloeden en dergelijke. Dit vlak, dat men zich voorstelt te liggen op gemiddeld zeeniveau (zoals dat uit waarnemingen kan worden vastgelegd) en waarvan men zich voorstelt, dat het zich ook uitstrekt onder de vastelanden, staat dan uitsluitend onder invloed van de centrifugaalkracht en van de zwaartekracht. Het oppervlak van de geoïde is zodoende een gesloten en de gehele aarde omspannend waterpasvlak, waarvan de ligging bij definitie is vastgelegd als zijnde het uit waarnemingen te bepalen gemiddelde niveau van de zeespiegel; het is dit oppervlak, dat gebruikt wordt als referentievlak voor het aangeven van hoogten van punten op het fysisch aardoppervlak.

Op zee verrichte metingen kunnen op eenvoudige wijze tot het vlak van de geoïde herleid worden, aangezien de verticale afstand tussen het locale waterpasvlak van de waarnemer en het vlak van de geoïde gering is en uit peilschaalwaarnemingen kan worden bepaald. Te land verrichte metingen (w.o. hoekmetingen) kunnen tot corresponderende grootheden op de geoïde herleid worden als de hoogte van de waarnemer bekend is uit waterpassing, trigonometrische- of barometrische hoogtebepaling; indien de hoogte groot is, dan is deze herleiding rekenkundig iets meer gecompliceerd dan bij op zeeniveau verrichte waarnemingen.

Het vlak van de geoïde is van aanzienlijk minder gecompliceerde kromming dan het fysisch aardoppervlak, doch de kromming is toch nog te onregelmatig om hanteerbare formules te kunnen opstellen voor berekeningen in dat vlak.

c. *De omwentelingsellipsoïde*. In grote trekken beschouwd, blijkt de geoïde te kunnen worden benaderd door een omwentelingsellipsoïde, waarvan de korte as samenvalt met de draaiingsas van het fysische aardlichaam. Evenals de geoïde, is de ellipsoïde een denkbeeldig lichaam, dat echter niet gedefinieerd is door fysische grootheden, doch dat van zodanige vorm en afmetingen gekozen wordt, dat aan de mathematische voorwaarde voldaan wordt van aansluiting met zo klein mogelijke verschillen  $+$  en  $-$  N aan het vlak van de geoïde. In verband met de meetkundige eigenschappen van een omwentelingsellipsoïde is haar oppervlak van dubbele kromming. Het is daardoor mogelijk betrekkelijk eenvoudige formules op te stellen voor in dat vlak uit te voeren berekeningen.

Aansluiting met zo klein mogelijke verschillen  $+$  en  $-$  N wordt in de eerste plaats verkregen door de gunstigste keuze van de verhouding tussen halve korte as  $a$  en halve lange as  $b$  van de ellipsoïde; de verhouding  $\frac{a-b}{a} = c$  — welke bepalend is voor de *vorm* van de ellipsoïde — noemt men de *afplatting*. De absolute waarden van  $a$  en  $b$  bepalen de *afmetingen* van de ellipsoïde, welke uiteraard zo goed mogelijk aangepast dienen te zijn aan de werkelijke afmetingen van de geoïde. Vorm en afmetingen kunnen worden bepaald uit een combinatie van geodetische en astronomische waarnemingen; uit het beschikbare waarnemingsmateriaal concludeerden verschillende onderzoekers tot verschillende ellipsoiden, waarvan de voornaamste zijn:

|                          | a         | b         | c        |
|--------------------------|-----------|-----------|----------|
| Bessel (1841) . . . . .  | 6 377 397 | 6 356 079 | 1/299,15 |
| Airy (1830) . . . . .    | 6 377 563 | 6 356 257 | 1/299,33 |
| Clarke (1858) . . . . .  | 6 378 294 | 6 356 618 | 1/294,3  |
| Clarke (1866) . . . . .  | 6 378 206 | 6 356 584 | 1/294,98 |
| Hayford (1909) . . . . . | 6 378 388 | 6 356 909 | 1/297    |

Voor al deze ellipsoïden geldt, dat de maximale (positieve of negatieve) waarde van  $N$  — dat is dus de verticale afstand tussen ellipsoïde en geoiden — van de orde van 40 meter is.

De ellipsoïde van Hayford is in 1924 onder de naam *internationale ellipsoïde* aangenomen. Deze werd geacht qua vorm en afmetingen het beste aan te passen aan de geoiden; de internationale conferentie, waarop dit besluit genomen werd, roegde daaraan de aanbeveling toe om alle toekomstige geodetische en geofysische waarnemingen op deze ellipsoïde te betrekken.

In 1924 waren echter in vele landen de nationale triangulaties reeds berekend op één der andere genoemde ellipsoïden; voor Nederland, zowel als voor de Oost-Indische Archipel, was dat de ellipsoïde van Bessel. Slechts in uitzonderingsgevallen werd een herberekening op de internationale ellipsoïde uitgevoerd; één dier uitzonderingen is de in 1949 gereedgekomen herberekening van de eerst tot één geheel aaneengesloten en vereffende triangulatie van West-Europa (behalve Engeland) en een deel van Noord-Afrika. Voor Nederland zijn zodoende thans coördinaten beschikbaar, zowel in Europees verband op de internationale als in nationaal verband op de Bessel-ellipsoïde; laatstgenoemde worden nog steeds gebruikt voor het nationale kaarteringswerk, inclusief de hydrografische opname. In Indonesië is nog steeds de Bessel-ellipsoïde in gebruik.

Alle geodetische metingen worden verricht op het fysisch aardoppervlak en houden via de niveau's van theodolieten op directe of indirecte wijze verband met de locale richting van de zwaartekracht. Onder de hoogte van een punt verstaat men de verticale afstand tussen dat punt en de geoiden en deze coördinaat is te bepalen uit peilschaalwaarneming, waterpassing, trigonometrische- of barometrische hoogtemeting. De beide andere coördinaten van het betrokken punt worden bepaald m. b. v. triangulatie, welke berekend wordt op de als rekenvlak aangenomen ellipsoïde. Met behulp van de bekende hoogte kunnen de op het fysisch aardoppervlak gemeten hoeken en richtingen herleid worden tot corresponderende grootheden op de geoiden, doch voor herleiding van geoiden naar ellipsoïden is kennis nodig van  $N$  en van de hieronder nader te noemen schietloodafwijking, welke beide grootheden bepaald kunnen worden:

- A. uit een combinatie van astronomische waarnemingen en een over de gehele aarde uitgevoerde terrestrische triangulatie, berekend op één en dezelfde ellipsoïde (bij voorkeur de internationale);
- B. uit een over de gehele aarde verricht geofysisch onderzoek.

De onder A genoemde methode is niet practisch uitvoerbaar, gezien de grote niet overbrugbare watervlakten ( $\frac{2}{3}$  van het aardoppervlak). Deze methode wordt



echter wel toegepast voor nationale of continentale triangulaties en levert de mogelijkheid de gekozen ellipsoïde met zo klein mogelijke overblijvende verschillen aan te passen aan het betreffende gedeelte van de geoïde.

De onder B genoemde methode kan ook op zee toegepast worden en is de enige praktische mogelijkheid om alle geodetische metingen en berekeningen voor de gehele aarde te betrekken op één en dezelfde ellipsoïde. Nadere bijzonderheden — voor zover van belang voor een juist begrip van de betekenis van de in dit hoofdstuk behandelde astronomische plaatsbepaling — worden vermeld in par. 4.1.2.

#### 4.1.2 Geografische en astronomische coördinaten

Het geografische coördinatenstelsel is een stelsel van parallellen en meridianen op de ellipsoïde.

Het vlak van de aardse equator wordt gevormd door een plat vlak door het middelpunt van de ellipsoïde en loodrecht op de korte as (de poolas). De snijlijn van dit vlak met het oppervlak van de ellipsoïde is de *aardse equator*. Ieder plat vlak, gaande door de poolas, vormt een aards meridiaanvlak; de vlakken van aardse equator en aardse meridianen staan zodoende bij definitie loodrecht op elkaar. De snijlijn van een dergelijk meridiaanvlak met het oppervlak van de ellipsoïde noemt men een *aardse meridiaan*. De meridiaan, bepaald door het meridiaanvlak gaande door Greenwich, neemt men aan als de *nulmeridiaan*.

*Aardse parallellen* worden gedefinieerd als de snijlijnen van aan het vlak van de aardse equator evenwijdige platte vlakken met het ellipsoïde-oppervlak.

De *geografische breedte* is de hoek tussen de normaal in het betrokken punt op de ellipsoïde en de halve lange as  $a$ .

De *geografische lengte* van een punt is de middelpuntshoek in het vlak van de aardse equator, bepaald door de meridiaan van Greenwich en de meridiaan door het betrokken punt. De geografische coördinaten  $\varphi$  en  $\lambda$  zijn aangegeven in fig. 4.1.

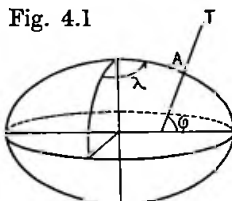


Fig. 4.1

Het astronomisch coördinatenstelsel is een stelsel van parallellen en meridianen op de *hemelbol* of *standaardbol*; in fig. 4.3 is deze hemelbol — welke met oneindig grote straal rond het middelpunt van de ellipsoïde beschreven wordt — op de schaal  $1 : \infty$  getekend. Denkt men zich de poolas verlengd, dan zal deze de hemelbol snijden in de beide *hemelpolen*.

Het vlak van de hemelequator valt samen met het vlak van de aardse equator; de *hemelequator* is zodoende een bolgrootcirkel op de hemelbol, gelegen op een sferische afstand van  $90^\circ$  van de beide hemelpolen. De *hemelparallellen* zijn bolkleincirkels, bepaald door de snijlijnen van de in de ruimte voortgezet gedachte aardse parallelvlakken met de hemelbol.

De *hemelmeridianen* zijn de snijlijnen van de aardse meridiaanvlakken met de hemelbol en zijn dus bolgrootcirkels. Het vlak van de hemelmeridiaan van Greenwich valt samen met dat van de aardse meridiaan over die plaats.

Wanneer men de normaal van de waarnemer recht doortrekt, dan snijdt deze de hemelbol in het *zenith* of *zenithpunt* Z van de waarnemer. Het verlengde van deze lijn in tegengestelde richting gaat niet door het middelpunt O van de ellipsoïde. Vanwege de onbepaald groot veronderstelde straal van de hemelbol valt de rechte lijn

OZ echter toch samen met de normaal van de waarnemer. De boog van de hemelmeridiaan tussen de hemelequator en Z is de *astronomische breedte* van de waarnemer en de boog van de hemelequator tussen de hemelmeridiaan van Greenwich en die

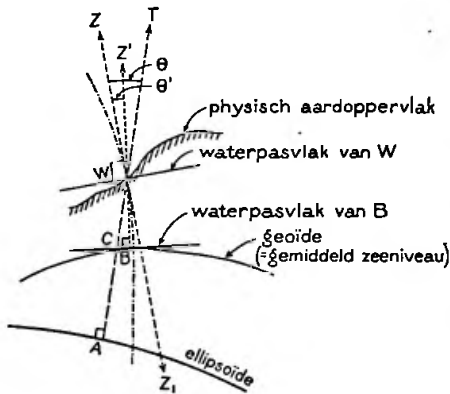


Fig. 4.2

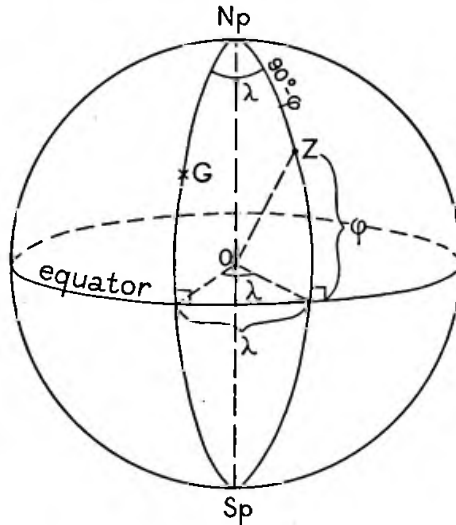


Fig. 4.3

door Z is de *astronomische lengte* van de waarnemer, welke tevens gelijk is aan de hoek tussen de meridianen in de hemelpool.

Hoewel dus de *stelsels*, waarin de geografische en astronomische coördinaten geteld worden, betrekking hebben op dezelfde equator- en meridiaanvlakken, zijn desondanks de geografische- en astronomische coördinaten van een waarnemer in het algemeen niet aan elkaar gelijk. De eerste zijn nl. gedefinieerd t.o.v. de loodlijn op de ellipsoïde en de tweede t.o.v. de plaatselijke richting van de zwaartekracht. Het verschil tussen deze beide richtingen noemt men de *schietloodafwijking*  $\theta$ ; het is gebruikelijk  $\theta$  te ontbinden in een component  $\xi$  in de richting van de meridiaan, en een component  $\eta$  in de richting loodrecht daarop. Alleen in het geval dat  $\theta$  nul is, zijn de geografische coördinaten gelijk aan de uit waarnemingen bepaalde astronomische coördinaten. Een component  $\xi$  veroorzaakt een verschil in breedte en een component  $\eta$  een verschil in lengte. In de geophysica is het gebruikelijk de astronomische coördinaten aan te duiden door de notaties  $\varphi'$  en  $\lambda'$  en in dat geval gelden de volgende betrekkingen tussen geografische- en astronomische coördinaten en de beide componenten van de schietloodafwijking:

$$\xi = \varphi' - \varphi,$$

$$\eta = (\lambda' - \lambda) \cos \varphi.$$

In de geodetische astronomie is het gebruikelijk om voor de astronomische coördinaten, evenals voor de geografische coördinaten, de notaties  $\varphi$  en  $\lambda$  te gebruiken; in de hier volgende paragrafen wordt dit gebruik dan ook gevolgd. Men zij er echter aan indachtig, dat de schietloodafwijkingen in rekening behoren te worden gebracht bij de herleiding tot geografische coördinaten.

Het verband tussen de loodlijnen op geoïde en op ellipsoïde is nader verduidelijkt in fig. 4.2. De richting van de zwaartekracht voor verschillende hoogten is voorgesteld door de „streep-punt” kromme. Voor een waarnemer  $W$  op het fysisch aardoppervlak is de locale richting van de zwaartekracht die van de raaklijn  $WZ_1$  aan genoemde kromme; het zenith ligt in de daaraan tegengestelde richting  $WZ$ . De richting van de door  $W$  gaande loodlijn op de geoïde bepaalt de ligging van een punt  $Z'$  op de hemelbol. De grootte van het hoekje  $\theta'$  is een functie van de kromme van de richting van de zwaartekracht. Deze kromming is echter zó gering, dat het hoekje  $\theta'$  voor de hier beoogde praktische toepassingen verwaarloosbaar klein is, hetgeen tevens inhoudt dat de door  $W$  en door  $B$  gaande waterpasvlakken als aan elkaar evenwijdig mogen worden beschouwd; voorts dat de punten  $Z$  en  $Z'$  geacht mogen worden identiek te zijn en dat de „streep-punt” kromme mag worden vervangen door een rechte. De hoek  $\theta$  tussen de door  $W$  gaande loodlijn op de ellipsoïde en de plaatselijke loodlijn in  $W$  is gelijk aan de schietloodafwijking. Fig. 4.2 is een doorsnede in het vlak waarin de maximale schietloodafwijking optreedt; zoals reeds is opgemerkt, wordt deze voor praktische toepassingen gesplitst in de twee componenten  $\xi$  en  $\eta$ . In de figuur is  $AC$  — dat is praktisch gesproken:  $AB$  — gelijk aan de verticale afstand  $N$  tussen ellipsoïde en geoïde en  $BW$  is de hoogte van de waarnemer boven de geoïde = gemiddeld zeeniveau.

Met behulp van de in par. 4.1.1 onder A en B genoemde methoden is het mogelijk een verband te leggen tussen de astronomische en geografische coördinaten. Aangezien dit in het algemeen niet behoort tot de aan boord van een opnemingsvaartuig uit te voeren werkzaamheden, zal hier slechts het beginsel worden aangegeven.

Zoals reeds is opgemerkt, kan de methode A (par. 4.1.1) niet over het gehele aardoppervlak worden toegepast. Men kan echter de tot één geheel verenigde en vereffende nationale of continentale triangulatie berekenen op een aangenomen ellipsoïde (b.v. de internationale). In een aantal punten van het driehoeksnet worden nu astronomische breedte en lengte bepaald, terwijl tevens de geografische breedte en lengte van die zelfde punten worden berekend uit de triangulatiegegevens, daarbij uitgaande van geografische coördinaten van één der punten, welke voorlopig gelijkgesteld worden aan de uit observatie gevonden astronomische coördinaten van dat punt. In laatstgenoemd punt heeft men dan automatisch een schietloodafwijking nul verondersteld, doch voor de andere punten worden geografische en astronomische coördinaten verkregen, welke een zeker bedrag  $+$  of  $-$  van elkaar verschillen. Langs rekenkundige weg kan men nu de beide stelsels van coördinaten zodanig t.o.v. elkaar verschuiven, dat de verschillen zo klein mogelijk worden en hun algebraïsche som nul wordt; de dan overblijvende verschillen noemt men de relatieve schietloodafwijkingen voor het betrokken gebied. Voor het punt waarin de schietloodafwijking in het begin van de berekening voorlopig nul gesteld werd, wordt dan na de verschuiving ook een zeker bedrag voor  $\theta$  gevonden.

Volgens deze methode laat men een ellipsoïde van aangenomen afmetingen zo goed mogelijk aansluiten aan de vorm van de geoïde voor het betrokken gebied. De methode levert echter geen enkel gegeven omtrent de oriëntering van de aangenomen ellipsoïde, m.a.w. de kleine as van deze ellipsoïde behoeft niet samen te vallen met de poolas van de aarde. De verkregen schietloodafwijkingen gelden t.o.v. de aangenomen ellipsoïde; indien men een andere ellipsoïde had aangenomen, zouden andere waarden voor de schietloodafwijkingen gevonden zijn.

Past men nu dezelfde methode toe voor een ander — al of niet aan het eerstgenoemde aangrenzend — gebied waarin de triangulatie in een ander systeem is berekend, dan kan ook voor dat gebied de aangenomen ellipsoïde met de kleinst overblijvende schietloodafwijkingen worden aangesloten aan de locale vorm van de geoïde voor dat tweede gebied. Zelfs al wordt de berekening voor beide gebieden uitgevoerd voor dezelfde ellipsoïde, dan nog is in beide gevallen de oriëntering van de korte as t.o.v. de aardse poolas onbekend, dus is ook het verschil in oriëntering onbekend. De aldus voor beide gebieden gevonden stelsels van geografische coördinaten zullen elkaar zodoende kunnen overlappen of gapingen vertonen ter plaatse waar zij aan elkaar grenzen.

Genoemde min of meer locale methode is b.v. toegepast voor de V.S. van N. Amerika (ellipsoïde van Clarke 1866) en voor de West-Europese vereffening (internationale ellipsoïde). Voor een kleiner gebied is zij o. m. toegepast voor Nederland (ellipsoïde van Bessel), waarbij geconcludeerd werd tot overblijvende schietloodafwijkingen van  $+6''$  in Terschelling en  $-6''$  in Limburg.

Behalve het bezwaar, dat (vanwege de grote wateroppervlakken) zelfs bij uniforme berekening van alle triangulaties op de internationale ellipsoïde geen voor de gehele aarde aaneensluitend stelsel van geografische coördinaten verkregen kan worden, heeft de methode A (par. 4.1.1) het nadeel dat zij geen gegevens oplevert betreffende de grootte van N. Een tamelijk nauwkeurige kennis van N is echter noodzakelijk om de volgende redenen. Een basis ten behoeve van de terrestrische triangulatie wordt gemeten op het fysisch aardoppervlak en kan met behulp van de hoogte boven zeeniveau herleid worden tot de corresponderende basislengte op de geoïde. De triangulatieberekeningen hebben echter plaats op de ellipsoïde en voor de herleiding tot basislengte op de ellipsoïde is kennis van N nodig. Indien N onbekend is, dan dient men veiligheidshalve rekening te houden met de mogelijkheid van een bedrag van de orde van 40 meter; voor een aardstraal van 6.400.000 meter betekent dit een onzekerheid in de bij de berekeningen gebruikte basislengte van circa  $1/160\,000$ , zijnde een bedrag dat groter is dan de meetnauwkeurigheid van een primaire basis.

De methode B (par. 4.1.1), welke eveneens zelden voor toepassing aan boord van de opnemingsvaartuigen in aanmerking zal komen, vereist een over de gehele wereld verspreid net van geofysische waarnemingen, welke in staat stellen om m. b. v. de formule van Stokes de grootheden  $\xi$ ,  $\eta$  en N voor *ieder willekeurig* punt op aarde te berekenen t. o. v. de internationale ellipsoïde. Het daartoe vereiste net van geofysische waarnemingen is thans nog niet compleet, doch van Amerikaanse zijde wordt gestreefd naar een zodanige volledigheid binnen een periode van 3 jaar (vanaf 1951), dat  $\xi$ ,  $\eta$  en N dan voor ieder willekeurig punt t. o. v. de internationale ellipsoïde berekend zullen kunnen worden met een nauwkeurigheid van  $0'',5$  à  $1''$ , hetgeen voldoende is voor hydrografische toepassingen. De methode B opent de mogelijkheid om op korte termijn te komen tot een voor de gehele wereld aaneensluitend stelsel van geografische coördinaten, welke dan gevonden worden door toepassing van  $\xi$  en  $\eta$  op de uit waarneming bepaalde astronomische coördinaten.

In dit hoofdstuk wordt verder uitsluitend de bepaling van de astronomische coördinaten behandeld. In de praktijk van de hydrografische opname zullen  $\xi$ ,  $\eta$  en N als regel niet bekend zijn. Herleiding van basislengten tot de ellipsoïde zal dus als regel niet kunnen plaats hebben, terwijl bij gebrek aan kennis van  $\xi$  en  $\eta$  de geografische coördinaten (althans voorlopig) gelijkgesteld zullen moeten worden aan

de uit waarnemingen bepaalde astronomische lengte en breedte. Men zij zich dus terdege bewust van de daardoor veroorzaakte onzekerheden in de geografische coördinaten. Hierbij wordt opgemerkt, dat schietloodafwijkingen van de orde van  $10''$  zeer wel kunnen voorkomen in ogenschijnlijk vlak terrein, terwijl bedragen tot  $60''$  werden geconstateerd in zwaar geaccidenteerd terrein.

Voor de in de Molukken te verwachten schietloodafwijkingen wordt verwezen naar „Plumb-line deflections and geoid in eastern Indonesia as derived from gravity” door J. E. Baron de Vos van Steenwijk (uitgave drukkerij Waltman te Delft) en naar de daarin genoemde publicaties van prof. F. A. Vening Meinesz.

Voor de theorie van de schietloodafwijkingen wordt verwezen naar „Radio aids and geodesy” door A. Schmidt in „The International Hydrographic Review”, vol. XXIV, 1947.

#### *Astronomische coördinaten*

Het vraagstuk van de astronomische plaatsbepaling is de bepaling van de bolcoördinaten van het zenithpunt Z (zie fig. 4.3); hiertoe kan men gebruik maken van eenvoudige formules van de boldriehoeksmeting. Voor een bepaald punt op het fysisch aardoppervlak geldt slechts één zenithpunt, terwijl het omgekeerde ook waar is.

Het is nu nodig op de bol over bepaalde punten te beschikken ten opzichte waarvan het zenithpunt vastgelegd kan worden. Deze punten zijn nu de verschillende hemellichamen en in het bijzonder de sterren. Onder ster verstaat men hier evenwel niet het fysisch lichaam, maar het snijpunt van de verbindingslijn standplaats op het fysisch aardoppervlak-middelpunt fysische ster, met de hemelbol. I. v. m de grote afstand kan men genoemde lijn ook vanuit het middelpunt der aarde trekken; alleen bij de zon, maan en planeten heeft de parallax een niet te verwaarlozen waarde. Laatstgenoemde hemellichamen komen vrijwel nimmer voor astronomische plaatsbepaling bij de hydrografische opneming in aanmerking.

Men beschikt nu over twee stelsels van punten:

- a. zenithpunten (snijpunten op de hemelbol);
- b. sterren (idem).

Het vraagstuk is nu hoe de zenithpunten te bepalen als de plaats van de sterren bekend is. Laatstgenoemde moeten dus op een of andere manier vastgelegd worden, wanneer men t. o. v. deze punten wil meten. Het is dus noodzakelijk het reeds genoemde astronomische coördinatenstelsel in te voeren, waarvoor in dit hoofdstuk de notaties  $\varphi$  en  $\lambda$  worden gebruikt (fig. 4.3).

Voor een plaats op aarde waarbij het zenithpunt Z behoort, heeft men aldus de astronomische coördinaten  $\varphi$  en  $\lambda$  benoemd.

Op dezelfde hemelbol moeten nu nog de sterren vastgelegd worden (fig. 4.4). Voor het snijpunt S van een bepaalde ster op de hemelbol wordt de boog NpS met  $90^\circ$  — *declinatie* ( $90^\circ - \delta$ ) of ook wel poolsafstand (p) aangeduid. Men voert een bijzonder snijpunt op de hemelbol in, nl. het *lentepunt* ( $\tau$ ), d. i. het snijpunt van twee grootcirkels, t.w. van de equator en de *ecliptica*.

De standhoek tussen de grootcirkels door Np en S en door Np en  $\tau$  noemt men de *rechte klimming* ( $\alpha$ ) van S (RA of RK). Ook hier kan men in plaats van de poolcoördinaten de rechthoekige sferische coördinaten nemen, nl.  $\delta = 90^\circ - p$  en  $\alpha$ .

In de zeevaartkunde wordt de declinatie met Noord of Zuid aangegeven; in de geodetische astronomie is het gebruikelijk de N-declinatie met + aan te duiden en de S-declinatie met —. De rechte klimming ( $\alpha$ ) meet men steeds vanuit het lentepunt tegengesteld aan de richting van de schijnbare dagelijkse beweging.

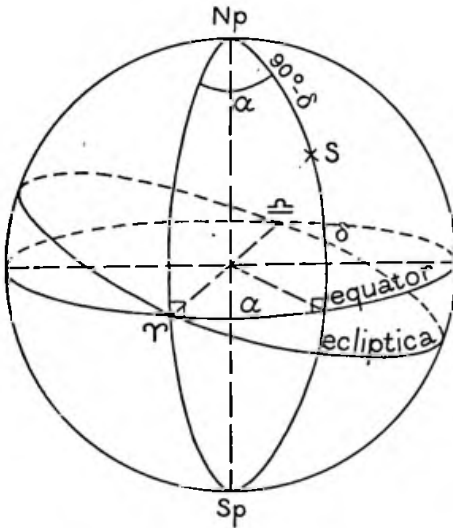


Fig. 4.4

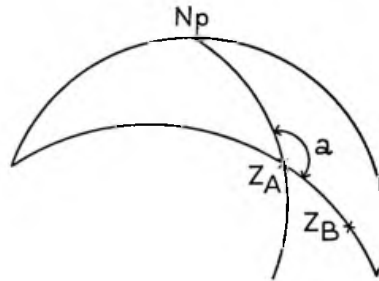


Fig. 4.5

Een ander element, waarmee gewerkt wordt, is het astronomisch *azimuth* ( $a$ ), d. i. de hoek tussen de projectie van de grootcirkel door twee punten (A en B) op aarde op de hemelbol en de grootcirkel door Np en  $Z_A$  (fig. 4.5).

Het vraagstuk is nu als volgt gesteld: bij gegeven waarden van rechte klimming ( $\alpha$ ) en declinatie ( $\delta$ ) worden gevraagd astronomische breedte ( $\varphi$ ), lengte ( $\lambda$ ) en eventueel het azimuth (zie hoofdstuk VI). Genoemde waarden zijn alle elementen op een bol, zodat de berekeningen m. b. v. de formules van de boldriehoeksmeting eenvoudig zijn uit te voeren.

Men heeft dus twee stelsels van coördinaten, nl. ( $\alpha$ ,  $\delta$ ) en ( $\varphi$ ,  $\lambda$ ). Beide stelsels zijn evenwel aan veranderingen onderhevig. Voor een bepaald punt op aarde is de verandering in  $\varphi$  en  $\lambda$  zeer gering. Door schommeling van het aardlichaam t. o. v. de rotatieas (de aardas) ontstaat een verandering, hoofdzakelijk van  $\varphi$  van max. 0'',2 per jaar. Voor hydrografische doeleinden wordt met deze variatie geen rekening gehouden.

De veranderingen in  $\alpha$  en  $\delta$  zijn van meer belang; deze waarden ondergaan verschillende veranderingen door schijnbare of werkelijke bewegingen van de sterren. Voor deze bewegingen kan men de volgende oorzaken aanwijzen:

1. De *eigen beweging*, d.w.z. de beweging van de ster zelf (fig. 4.6). Een beweging van S naar S' kan men ontbinden in de verplaatsingen  $\Delta\alpha$  en  $\Delta\delta$ .
2. De *precessie*. Het assenstelsel verplaatst zich doordat de Noordpool zich tengevolge van de precessie en nutatie verplaatst.

3. De *jaarlijkse* en de *dagelijkse aberratie*. Aangezien men de snelheid van de aarde in haar baan en om haar as t. o. v. de snelheid van het licht niet mag verwaarlozen, ontstaat een schijnbare verplaatsing van de ster (fig. 4.7). Zij  $V_A$  de snelheid van de aarde in haar baan of om haar as en  $V_L$  de snelheid van het licht, dan ziet men de ster  $S$  schijnbaar in  $S'$  staan, waardoor i. p. v. de hoogte  $h$  de hoogte  $h'$  gemeten wordt. De jaarlijkse aberratie ontstaat door de snelheid van de aarde in haar baan, de dagelijkse aberratie door de rotatiesnelheid van de aarde. Bij de astronomische plaatsbepaling voor hydrografische doeleinden zal alleen de jaarlijkse aberratie een rol spelen (zie par. 4.1.5).

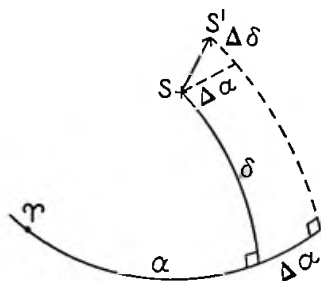


Fig. 4.6

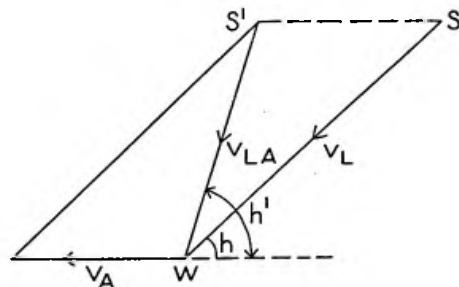


Fig. 4.7

Genoemde bewegingen zullen nader worden gezien:

1. *Eigen beweging*. Alleen de richting, die afwijkt van de radiaal, d. i. de lijn, die uit het middelpunt van de aarde door het middelpunt van de ster getrokken de hemelbol snijdt, is van belang, omdat een beweging langs de radiaal van de aarde af en naar de aarde toe niet van invloed is op de coördinaten. De grootste bekende eigen beweging van een ster is ongeveer  $9''$  per jaar.

2. *Precessie*. Deze is een gevolg van een beweging, zoals die door een snel draaiende tol onder de invloed van een koppel wordt uitgevoerd, welke dan behalve de rotatie om de as ook nog met deze as een kegelmantel beschrijft. Hetzelfde gyroscopisch effect is ook bij de draaiing van de aarde waar te nemen. Was de aarde een zuivere bol, dan zou het aangrijpingspunt van de aantrekkingskracht van de zon in het zwaartepunt van de aarde evenwicht maken met het koppel van de middelpuntvliedende kracht. Door de ellipsoïdale vorm van de aarde (zie fig. 4.8) zal evenwel de vector  $\bar{A}_1$  groter zijn dan de vector  $\bar{A}_2$ , omdat het aangrijpingspunt van  $\bar{A}_1$  dicht bij de zon ligt dan dat van  $\bar{A}_2$ . De resultante van beide krachten ( $\bar{R}$ ) grijpt excentrisch aan en vormt met de middelpuntvliedende kracht een koppel, dat niet constant is en theoretisch varieert van nul tot maximum. Het maximum wordt bereikt wanneer de zon zich in een stand bevindt als in de figuur aangegeven en de nulwaarde krijgt de resultante indien de zon zich  $90^\circ$  uit laatstgenoemde stand verplaatst heeft (in de figuur loodrecht op het vlak van tekening). In de zomer en winter heeft de resultante dus een maximum waarde en in de herfst en lente zou de nulwaarde bereikt worden. Door de traagheid van de precessiebeweging wordt de resultante echter nooit nul, doch bereikt zij wel een minimum. Was het

koppel constant, dan zou de aardas met eenparige snelheid een kegelmantel beschrijven. Door de variërende standen van de zon t. o. v. de aarde, waardoor het

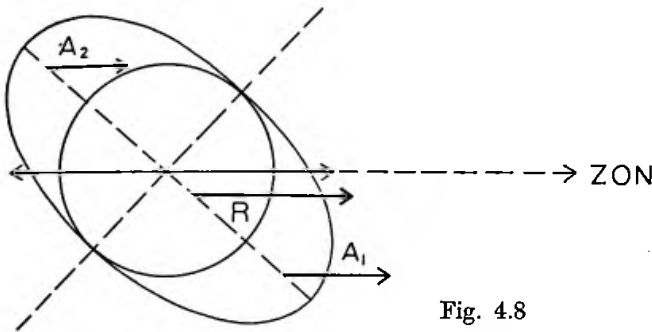


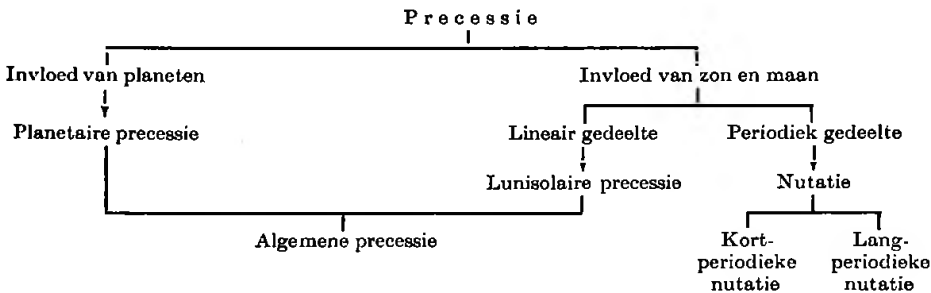
Fig. 4.8

koppel niet constant is, ontstaat een periodieke variatie. Men kan de beweging splitsen in een *lineair* en een *periodiek* gedeelte. De onderlinge stand zon—aarde is niet de enige oorzaak van het periodieke gedeelte, doch ook de stand van de maan is hierop van invloed, waardoor periodieke verschijnselen

in de precessiebeweging ontstaan. Er blijken in de formule voor de precessiebeweging een groot aantal periodieke termen voor te komen, nl. een 20-tal. In de algemene gedaante geeft de volgende formule de precessiebeweging aldus weer:

$$\text{Precessie} = 50'',2 t + (\text{twintig sinus- of cosinustermen}),$$

waarin  $t$  in jaren is uitgedrukt, zodat in één jaar de aardas zich tengevolge van de precessie  $50'',2$  verplaatst, wanneer men alleen het lineaire gedeelte in beschouwing neemt. De term  $50'',2 t$  noemt men de *precessie*, het gedeelte tussen haakjes wordt de *nutatie* genoemd. In een schema weergegeven is de totale precessiebeweging aldus voor te stellen:



De invloed van de planeten is weinig merkbaar; de planeten trachten de baan van de aarde te wijzigen, dus de stand van de ecliptica t. o. v. de equator te veranderen. Deze invloed wordt wel de planetaire precessie genoemd, doch is in feite geen precessieverschijnsel.

Beschouwt men thans deze precessiebeweging van de aardas aan de hemelbol, dan blijkt de equatorpool een ellipsvormige baan met een voerstraal van  $23^\circ,5$  om de eclipticapool te beschrijven. Eén rondgaande beweging wordt uitgevoerd in  $\pm 26.000$  jaar, d.w.z. per jaar verplaatst de aspool zich  $50'',2$ . De Noordpool, die nu nog ongeveer in de richting van de Poolster wijst, zal dus na verloop van tijd niet meer in deze richting staan.



Ook het lentepunt ( $\tau$ ) beweegt zich langs de ecliptica; het stond vroeger in het sterrebeeld Ram of Ariës en staat nu in de Vissen. Men ziet dus dat de coördinaten door de precessie aan verandering onderhevig zijn. Aangezien  $\tau$  het snijpunt is van equator- en eclipticavlak, ligt dit punt zowel van de equator- als van de eclipticapool op een boogafstand van  $90^\circ$ , dus  $Np\tau = C\tau = 90^\circ$  (zie fig. 4.9). Door de precessie verplaatst  $Np$  zich naar  $N'p$  en  $\tau$  naar  $\tau'$ . Hierdoor wijzigt zich  $\alpha$  in  $\alpha'$  en  $p$  ( $= 90^\circ - \delta$ ) in  $p'$ . (In de figuur is de equatorpool om de eclipticapool gedraaid.)

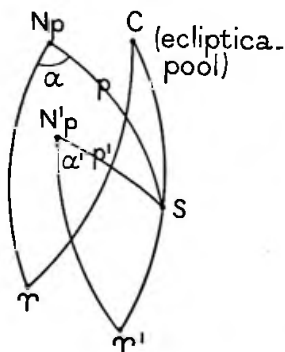


Fig. 4.9

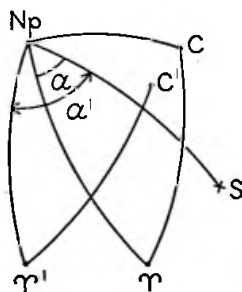


Fig. 4.10

Met de planetaire precessie is het evenwel enigszins anders gesteld; deze tracht de stand van de eclipticapool t. o. v. de Noordpool te veranderen. Dit beïnvloedt niet de poolhoogte ( $90^\circ - \delta$ ), doch alleen de rechte klimming ( $\alpha$ ). Aldus samenvattende: de precessie beïnvloedt de rechte klimming en declinatie en de planetaire precessie beïnvloedt alleen de rechte klimming tot een bedrag van  $0'',13$  per jaar (fig. 4.10).

3. *Aberratie*. In de figuur 4.7 is de afstand tussen de waarnemer (W) op aarde tot de ster S onbepaald groot;  $V_L$  stelt voor de snelheid van het licht en  $V_A$  de snelheid van de aarde in haar baan om de zon. De waarnemer beschouwt zich in rust in W en interpreteert zijn beweging als een beweging tegengesteld aan die van de aarde. Zoals uit de figuur blijkt ziet men de ster dan schijnbaar in  $S'$  en treedt er een schijnbare hoekverplaatsing  $\Delta h$  op. De waarde van  $\Delta h$  is op eenvoudige wijze af te leiden en bedraagt:

$\Delta h$  (in boogseconden)  $= -K \sin h$ , waarin K, de z.g. aberratiecoëfficiënt, gesubstitueerd is voor  $\frac{V_A}{V_L} 206265$ .

Genoemde afwijking vindt plaats in het vlak door  $V_A$  en  $V_L$ , zodat zij nog ontbonden moet worden in de declinatie- en in de rechte klimming-richting om de wijziging in de coördinaten te bepalen. Men spreekt hier van de jaarlijkse aberratie (zie par. 4.1.5).

Zoals reeds eerder gezegd is de wijziging in de coördinaten tengevolge van de *parallax* bij sterren te verwaarlozen. Ook de parallax, die ontstaat door de verschillende standen van de aarde in haar baan is voor de meest nabije sterren slechts gering. De grootste bekende parallax bedraagt voor Proxima Centaurus  $0'',765$ ; voor  $\alpha$  Centaurus is deze waarde  $0'',758$ . Door deze wijziging schijnen genoemde sterren een kleine ellips aan de hemelbol te beschrijven.

Uit het voorgaande blijkt dat het niet mogelijk is een opgave van *sterscoördinaten* te verstrekken, die voor eens en altijd geldt. Daarom worden zij voor bepaalde data opgegeven in diverse uitgaven als de „Nautical Almanac”, de „Apparent Places of Fundamental Stars” voor ongeveer 1500 sterren. Verschillende sterrenwachten geven ook catalogi uit van een bepaald aantal sterren, waarvan de coördinaten voor een

zeker tijdstip gegeven worden, b.v. voor 1900,0. De waarden moeten dan herleid worden tot het tijdstip van de waarneming.

Deze *reductie van sterscoördinaten* kan op verschillende wijzen plaats hebben. Men dient onderscheid te maken tussen *middelbare* en *actuele* of *ware* sterscoördinaten.

Middelbare sterscoördinaten zijn de coördinaten, waarin niet opgenomen is het effect van de nutatie en van de aberratie.

In de actuele coördinaten zijn opgenomen alle oorzaken tot wijziging dier waarden.

Stel dat men beschikt over een stercatalogus, die middelbare coördinaten geeft voor b.v. het tijdstip 1900,0. Men wil deze coördinaten reduceren tot het moment van waarneming. Dit geschiedt dan in drie fasen:

1. de herleiding tot middelbare coördinaten voor het begin van het jaar van waarneming;
2. de herleiding tot actuele waarden met uitzondering van de kort-periodieke nutatietermen voor het moment van waarneming;
3. het in rekening brengen van de kortperiodieke termen van de nutatie.

*1e phase.* In de catalogus vindt men de middelbare waarden voor de rechte klimming en declinatie, resp. aan te geven met  $\bar{\alpha}_0$  en  $\bar{\delta}_0$ , welke men als volgt herleidt:

$$\bar{\alpha} = \bar{\alpha}_0 + T \left( \frac{d\bar{\alpha}_0}{dT} + \mu_{\alpha_0} \right) + \frac{1}{2} T^2 \frac{d^2 \bar{\alpha}_0}{dT^2}$$

$$\bar{\delta} = \bar{\delta}_0 + T \left( \frac{d\bar{\delta}_0}{dT} + \mu_{\delta_0} \right) + \frac{1}{2} T^2 \frac{d^2 \bar{\delta}_0}{dT^2}$$

In deze formules stelt  $T$  voor het tijdsinterval tussen catalogustijdstip en begin-datum van het jaar van waarneming; b.v. van 1900,0 tot 1948,0 :  $T = 48$  of  $0,48$

al naar gelang  $d\alpha$  en  $d\delta$  per jaar of per eeuw opgegeven worden. De waarden  $\frac{d\alpha_0}{dT}$  en  $\frac{d\delta_0}{dT}$  stellen voor de luni-solaire precessie in resp. rechte klimming en declinatie;

$\mu_{\alpha_0}$  en  $\mu_{\delta_0}$  = de component der eigen beweging in resp. rechte klimming en declinatie, zodat de vormen tussen haakjes voorstellen de jaarlijkse variatie in resp. rechte klimming en declinatie.

$\frac{d^2 \alpha_0}{dT^2}$  en  $\frac{d^2 \delta_0}{dT^2}$  = de verandering per jaar van de jaarlijkse variatie in resp. rechte klimming en declinatie.

*2e phase.* Uit  $\bar{\alpha}$  en  $\bar{\delta}$  kan men thans de actuele waarden voor het moment van waarneming berekenen, voorlopig met verwaarlozing van de kortperiodieke termen van de nutatie. Dit geschiedt met de onderstaande reductieformules van Bessel:

$$(\alpha) = \bar{\alpha} + (Aa + Bb) + (Cc + Dd) + E + \tau \mu_{\alpha}$$

$$(\delta) = \bar{\delta} + (Aa' + Bb') + (Cc' + Dd') + \tau \mu_{\delta}$$

Hierin stellen voor:

$(\alpha)$  en  $(\delta)$  = ware rechte klimming en declinatie voor het moment van waarneming (kortperiodieke termen van de nutatie buiten beschouwing gelaten);

$\tau$  = het gedeelte van het jaar tussen begin jaar van waarneming tot waarnemingsmoment ( $\tau$  is dus altijd kleiner dan 1). Deze waarde is te vinden in de Nautical Almanac onder *Independent Day Numbers*. Het begin van het jaar behoeft niet samen te vallen met het begin van het burgerlijk jaar; op 1 Januari kan  $\tau$  zelfs negatief zijn.

In de termen  $(Aa + Bb)$  en  $(Aa' + Bb')$  komen tot uiting de lunisolaire precessie en de langperiodieke termen van de nutatie. In  $(Cc + Dd)$  en  $(Cc' + Dd')$  komt naar voren de invloed van de aberratie en in  $\mu_\alpha$  en  $\mu_\delta$  die van de eigen beweging.

E geeft de invloed weer van de planetaire precessie en is dus alleen van invloed op de rechte klimming; deze term wordt gewoonlijk verwaarloosd.

De waarden A t/m E noemt men de *dag- of sternummers van Bessel*, die in de Nautical Almanac te vinden zijn onder *Besselian Day Numbers*. De waarden a t/m d en a' t/m d' zijn de *stersconstanten van Bessel*, die berekend moeten worden met uitzondering van a en a', die identiek zijn met  $\frac{d\alpha_0}{dT}$  en  $\frac{d\delta_0}{dT}$ .

$$\begin{aligned} b &= \frac{1}{15} \cos \bar{\alpha} \operatorname{tg} \bar{\delta} & b' &= -\sin \bar{\alpha} \\ c &= \frac{1}{15} \cos \bar{\alpha} \sec \bar{\delta} & c' &= \operatorname{tg} \varepsilon \cos \bar{\delta} - \sin \bar{\alpha} \sin \bar{\delta} \\ d &= \frac{1}{15} \sin \bar{\alpha} \sec \bar{\delta} & d' &= \cos \bar{\alpha} \sin \bar{\delta} \end{aligned}$$

$\varepsilon$  = de helling van de ecliptica, welke niet constant is en te vinden is in de Nautical Almanac als „mean obliquity” onder „SUN”.

3e phase. Met de onderstaande formules brengt men de invloed van de kort-periodieke termen van de nutatie in rekening:

$$\alpha = (\alpha) + (A'a + B'b)$$

$$\delta = (\delta) + (A'a' + B'b')$$

De waarden a, b, a' en b' zijn identiek aan de gelijknamige waarden in de formules van de 2e phase; A' en B' zijn evenals A en B te vinden onder „Besselian Day Numbers”. ~~In de formules van de 3e phase kan men voor a, b, a' en b' ook de waarden gebruiken die bij de stersopgaven in de Nautical Almanac vermeld zijn.~~ Voor de formules van de 2e phase mogen deze waarden nimmer gebruikt worden. Zij dienen afzonderlijk berekend te worden.

Overzicht der verschillende fasen :

| $\bar{\alpha}_0$<br>$\bar{\delta}_0$                        | 1e phase | $\bar{\alpha}$<br>$\bar{\delta}$            | 2e phase | $(\alpha)$<br>$(\delta)$                                        | 3e phase | $\alpha$<br>$\delta$ |
|-------------------------------------------------------------|----------|---------------------------------------------|----------|-----------------------------------------------------------------|----------|----------------------|
| (Middelbare waarden op tijdstip=0, b.v. begin van een eeuw) | →        | (Middelbare waarden bij begin van een jaar) | →        | (Actuele waarden, met uitzondering van kort-periodieke nutatie) | →        | (Actuele waarden)    |

Bij het toepassen der reducties op de sterscoördinaten kan men nu de volgende gevallen beschouwen:

1. Beschikt wordt over een *sterscatalogus*, die de coördinaten geeft voor het begin van een bepaald jaar, b.v. 1900 of 1950. Men moet dan de drie fasen volledig toepassen.

2. Men beschikt over een *astronomische almanak*, die jaarlijks uitgegeven wordt, b.v. „The Nautical Almanac and Astronomical Ephemeris” of „Apparent Places of Fundamental Stars”. Hierin worden de coördinaten als volgt opgegeven:

- a. De middelbare coördinaten worden opgegeven voor het begin van het jaar waarvoor de almanak geldt. Hier moeten dus de 2e en 3e fase toegepast worden.
- b. Van een groot aantal sterren worden om de 10 dagen de actuele coördinaten gegeven op het tijdstip van bovendoorgang te Greenwich, evenwel zonder de invloed van de kortperiodieke nutatie. Hier moet dus de 3e fase toegepast worden. Bovendien moet door interpolatie de actuele waarde op het moment van waarneming berekend worden.
- c. Van een aantal circumpolaire sterren, waarvan de absolute waarde van  $\delta$  groter dan  $80^\circ$  is, en in de Nautical Almanac van de zon, worden van dag tot dag de coördinaten opgegeven waarbij de invloed van de kortperiodieke nutatie reeds in rekening gebracht is. Door interpolatie vindt men de actuele waarde op het moment van waarneming.

Aan boord Hr. Ms. opnemingsvaartuigen worden verstrekt de Nautical Almanac (Standard Edition) en de Apparent Places of Fundamental Stars. Voor sterswaarnemingen is laatstgenoemde almanak te prefereren, aangezien dit boekwerk de grootste keus geeft in de te gebruiken sterren ( $\pm 1500$ ). Toch kan het eerstgenoemde boekwerk niet gemist worden, aangezien hierin de zonscoördinaten voorkomen, welke in de Apparent Places of Fundamental Stars ontbreken. ~~In de meeste gevallen zal men coördinaten van de z.g. 10-dagssterren in de Nautical Almanac kunnen gebruiken.~~ Mochten waargenomen sterren niet in ~~deze almanak~~ voorkomen, dan kan men tot de Apparent Places of Fundamental Stars overgaan. De reductie in de 3e fase heeft in laatstgenoemde almanak met de volgende formules plaats:

$$\alpha = (\alpha) + d\alpha(\psi) \cdot d\psi + d\alpha(\epsilon) \cdot d\epsilon$$

$$\delta = (\delta) + d\delta(\psi) \cdot d\psi + d\delta(\epsilon) \cdot d\epsilon$$

De waarden  $d\psi$  en  $d\epsilon$  vindt men in een afzonderlijke tafel; de waarden  $d\alpha(\psi)$ ,  $d\alpha(\epsilon)$ ,  $d\delta(\psi)$  en  $d\delta(\epsilon)$  wordert voor elke ster afzonderlijk aan de voet van elke kolom vermeld.

Bij het interpoleren van opgezochte waarden zal men in het algemeen rekening moeten houden met het tweede verschil. Voorbeelden van reducties en interpolaties vindt men in Hydrografische Becijferingen 1950. (Uitgegeven door het Ministerie van Marine, niet in de handel.)

*Plaatselijke sterscoördinaten.* Behalve de reeds behandelde coördinatensystemen onderscheidt men nog een coördinatenstelsel, dat afhankelijk is van de plaats van de waarnemer (fig. 4.11). Stel dat het vlak van tekening de meridiaan voorstelt, zodat Np in dit vlak ligt. Men trekt het verticaalvlak door S (ster) en Z (zenith); dit vlak snijdt de hemelbol volgens de z.g. „verticaal”. De hoek  $a$ , die geteld wordt vanuit Nd door E noemt men dan het *azimuth* van de ster S, hier voorgesteld door de poolcoördinaat  $a$ . De hoek  $z$ , die als poolcoördinaat van S t. o. v. Z gegeven is, noemt men de *zenithafstand* van S. Uit de figuur blijkt dat  $z = 90^\circ - h$  (hoogte van de ster).

En bovendien de actuele waarden om de 10 dagen bevat, terwijl in de Nautical Almanac slechts de middelbare waarden voor het begin van het jaar voorkomen.

De Nautical Almanac.

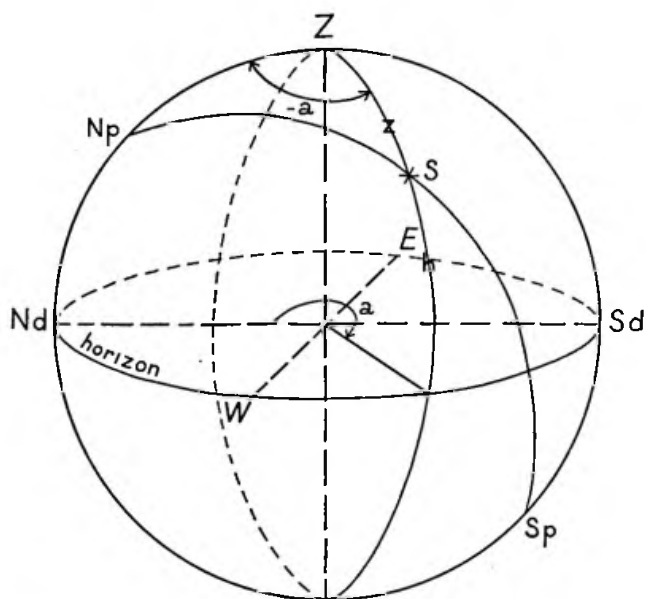


Fig. 4.11

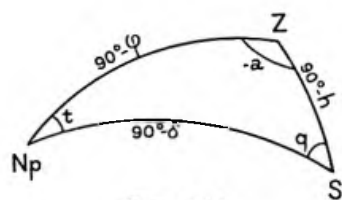


Fig. 4.12

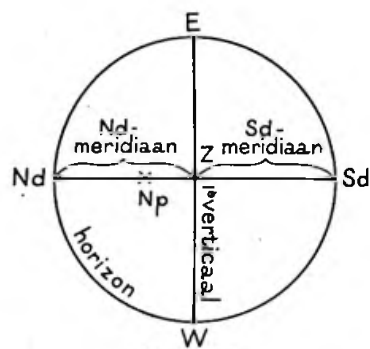


Fig. 4.13

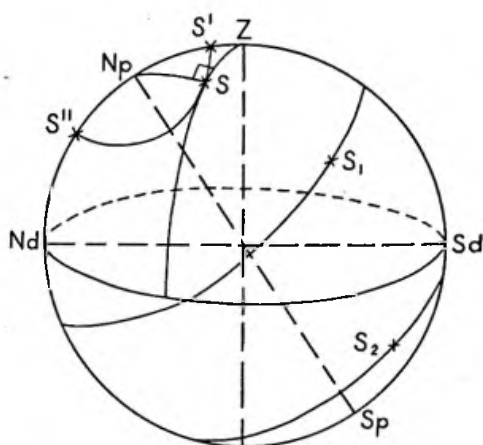


Fig. 4.14

Verder kent men nog een coördinatenstelsel dat gedeeltelijk plaatselijk en gedeeltelijk absoluut is. Men trekt door Np, S en Sp de declinatiecirkel, waarvan de voerhoek  $t$  (fig. 4.12) t. o. v. de meridiaan genoemd wordt de *uurhoek*. De boldriehoek NpZS, die aldus ontstaan is, wordt in de astronomische plaatsbepaling de *positiedriehoek* of de *parallactische driehoek* genoemd. De elementen zijn:

$90^\circ - \varphi$  (breedte),  $90^\circ - \delta$  (declinatie) en  $90^\circ - h$  (hoogte) . . . . . Zijden  
 $t$  (uurhoek),  $a$  (azimuth) en  $q$  (parallact. hoek) . . . Hoeken.

Bekijkt men de hemelbol vanuit Z, dan onderscheidt men (fig. 4.13):

het kwadrant Z—Nd: de Noordmeridiaan,

het kwadrant Z—Sd: de Zuidmeridiaan,

de grootcirkel EZW: de 1e verticaal,

de grootcirkel ESdWNd: de horizon.

Thans dient nagegaan te worden hoe de plaatselijke sterscoördinaten variëren en wanneer zij hun extreme waarden bereiken (fig. 4.14).

De ster S roteert schijnbaar om de as Np—Sp en beschrijft dus een kleincirkel om Np. De zenithafstand bereikt tweemaal een extreme waarde, nl. in  $S'$  en in  $S''$ , beide keren in de meridiaan. Het punt  $S'$  noemt men het *bovenste culminatiepunt*,  $S''$  het *onderste culminatiepunt*. Het azimuth is extreem in het raakpunt van het verticale vlak door S aan de eerdergenoemde kleincirkel om Np. Dit raakpunt noemt men het punt van *grootste elongatie* of van *grootste degressie*. Deze extreme waarde wordt eveneens tweemaal bereikt.

Trekt men de grootcirkel door Np en raakpunt, dan staat deze lijn loodrecht op de verticaal van S, waardoor dus de rechthoekige boldriehoek NpZS verkregen wordt ( $q = 90^\circ/270^\circ$ ). In de meridiaan bij  $S'$  en  $S''$  staat de stersbaan loodrecht op de meridiaan; in het punt van grootste elongatie beweegt de ster zich in het verticale vlak.

Beschouwt men de baan van een ster  $S_1$ , dan ziet men dat de baan van deze ster zich voor de in de figuur aangegeven geografische breedte gedeeltelijk onder de horizon bevindt. Een ster  $S_2$  bevindt zich voor deze breedte zelfs altijd onder de horizon. In fig. 4.14 blijkt tevens in de rechthoekige boldriehoek NpZS dat:

$90^\circ - h \leq 90^\circ - \varphi$  (de rechthoekszijde  $\leq$  de schuine zijde) en dus:

$$h \geq \varphi$$

de elongatiehoogte is altijd groter dan de geografische breedte.

### 4.1.3 Tijd

De onderlinge ligging van de besproken coördinatenstelsels is tevens een functie van de tijd. Men zou de tijd ook een coördinaat kunnen noemen. Omgekeerd kan men zeggen: een bepaalde waargenomen ligging van een ster bepaalt een zeker tijdstip, zodat de waarneming ook te gebruiken is voor tijdmeting of het kenbaar maken van opeenvolgende gelijke tijdsintervallen.

Voor de tijdmeting ligt het voor de hand een enkelvoudig periodiek verschijnsel te gebruiken, waarvan de periode of een onderdeel hiervan als tijdsseenheid aan te nemen is. In het algemeen moet dus gezocht worden naar een periodiek verschijnsel met een constante periode, b.v. de aardrotatie. Men heeft evenwel gezien dat de coördinatenstelsels ten opzichte waarvan deze beweging vastgelegd zou moeten

worden, aan verandering onderhevig zijn. Men neemt daarom een fictief punt op de hemelbol als punt van uitgang en wel het lentepunt ( $\tau$ ). Het vlak van de aardbaan tot snijding gebracht met de hemelbol leverde de ecliptica op, die de equator snijdt in het lentepunt ( $\tau$ ) en in het herfstpunt ( $\cap$ ). Het punt  $\tau$  is onderhevig aan precessie en nutatie; de verandering tengevolge van de precessie is een eenparige, doch die tengevolge van de nutatie is dit niet en levert dus moeilijkheden op bij het gebruik van  $\tau$  als punt van uitgang. Men neemt daarom niet het punt  $\tau$ , doch een ander fictief punt, het z.g. *middelbare lentepunt* ( $\bar{\tau}$ ). Men maakt hierbij de volgende afspraak: Men neemt aan dat de aarde stilstaat en constateert dan de *schijnbare stersbewegingen*, die ontstaan door:

- de draaiing van de aarde om de rotatie-as;
- de beweging van de aarde om de zon;
- de precessiebeweging van de rotatie-as.

Deze bewegingen spiegelen zich dus af in schijnbare bewegingen van de sterren en dus ook van het lentepunt. De beweging sub *b* schakelt men uit, aangezien deze geen invloed heeft op de positie van het lentepunt. Door de beweging sub *a* draait  $\bar{\tau}$  in 24 uur eenmaal rond en door de beweging sub *c* draait de ecliptica-as en  $\bar{\tau}$  in 26.000 jaar eenmaal rond. De ecliptica-pool beschrijft om de Noordpool een cirkel met een hoeksnelheid van ongeveer  $50'',2$  per jaar, waarbij het lentepunt in hetzelfde tempo medegenomen wordt. De afstand van de Noordpool tot  $\tau$  is  $90^\circ$  en van de ecliptica-pool tot  $\tau$  eveneens  $90^\circ$ , dus het lentepunt beweegt zich langs de equator met eenzelfde snelheid (zie de in par. 4.1.2 gegeven definitie van het lentepunt).

Het middelbare lentepunt ondergaat dus twee bewegingen:

- door de precessie ( $50'',2$  per jaar);
- door de aardrotatie ( $360^\circ$  per dag).

Zonder de precessie zou 1 omwenteling van  $\bar{\tau}$  overeenkomen met 1 omwenteling van de aarde. Tengevolge van de precessie krijgt  $\bar{\tau}$  evenwel een snellere beweging.

Het verschil is niet groot, nl. 0,009 sec. per dag. De omwentelingstijd van  $\bar{\tau}$  tengevolge van de aardrotatie en de precessie noemt men de *sterredag* of *siderische dag*. Een sterredag voor een plaats, die *Z* (fig. 4.15) tot zenith heeft, begint wanneer  $\bar{\tau}$  door de meridiaan gaat. Een bepaald moment in de siderische dag wordt geïnterpreteerd door de hoek  $\bar{\tau} NpZ$ ; men noemt dit tijdstip voor *Z* de *locale middelbare sterretijd* (LMST). Rekent men t. o. v. een bepaalde meridiaan op aarde, b.v. tot die van Greenwich, dan benoemt men dit tijdstip met *Greenwich middelbare sterretijd* (GMST); in de figuur voorgesteld door  $\bar{\tau} NpG$ . In de figuur ziet men tevens dat de hoek  $ZNpG$  de geografische lengte ( $\lambda$ ) van *Z* t. o. v. Greenwich is,

dus:  $\lambda = \text{GMST} - \text{LMST}$ .

(N.B. Het verdient aanbeveling bovenstaande en volgende afkortingen aan te houden, aangezien deze overeenstemmen met die in de Engelse almanakken, b.v.:

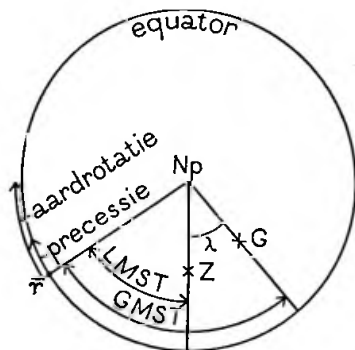


Fig. 4.15

GMST = Greenwich Mean Sidereal Time en LMST = Local Mean Sidereal Time).

Uit de laatste betrekking blijkt dat een lengtebepaling terug te brengen is tot een tijdbepaling.

Het werkelijke lentepunt ( $\tau$ ) kan niet dienen voor tijdmeting; men kan er evenwel een moment of tijdstip mee aangeven. Wanneer dit punt als uitgangspunt dient, spreekt men van „Locale actuele sterretijd” of „Greenwich actuele sterretijd” resp. LAST (local apparent sidereal time) en GAST (Greenwich apparent sidereal time). Het verschil tussen de momenten bepaald t. o. v.  $\tau$  en  $\bar{\tau}$  noemt men de *nutatie in rechte klimming* (in fig. 4.16 de hoek  $\tau$  Np  $\bar{\tau}$ ).

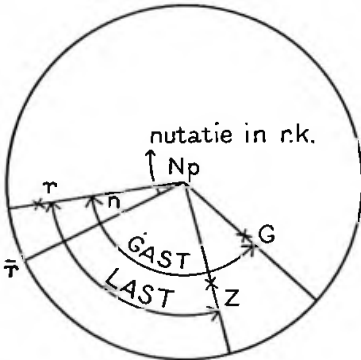


Fig. 4.16

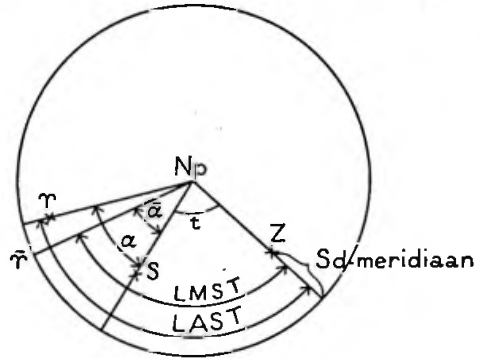


Fig. 4.17

Het verschil tussen de waarden van GAST en LAST geeft blijkbaar weer de astronomische lengte van Z aan:  $\lambda = \text{GAST} - \text{LAST}$ .

De nutatie in rechte klimming ( $n$ ) wordt in de Nautical Almanac opgegeven in de tabellen, die betrekking hebben op de zonscoördinaten; zij varieert van  $+1,2$  sec. tot  $-1,2$  sec.

Uit fig. 4.17 blijkt tevens de zeer belangrijke betrekking:

$$\text{LAST} = \alpha + t$$

of

$$\text{LMST} = \bar{\alpha} + t \text{ (locale sterretijd = rechte klimming + uurhoek).}$$

Voor Z rekent men de sterredag te beginnen als  $\bar{\tau}$  de Zuidmeridiaan passeert, dit in tegenstelling met de zonsdag.

Bij de beschouwing van de *zonstijd* (solar time) gaat men uit van dezelfde veronderstellingen inzake de beweging van de aarde als bij de aanname van het middelbare lentepunt. De zon voert dus een schijnbare beweging om de aarde uit tengevolge van:

- de rotatie van de aardas;
- de jaarlijkse omloop van de aarde om de zon.

Tengevolge van de eerstgenoemde beweging ontstaat een beweging langs een kleincirkel evenwijdig aan de equator. De beweging sub *b* veroorzaakt een beweging langs de ecliptica (fig. 4.18). Deze schijnbare zonsbeweging is niet zonder meer te gebruiken voor tijdmeting, aangezien de beweging van de ware zon niet eenparig of zelfs *periodiek* veranderlijk is. In de figuur zijn aangegeven de bewegingsvectoren



langs de kleincirkel evenwijdig aan de equator en langs de ecliptica. Laatstgenoemde vector is niet constant, doch varieert met de verschillende snelheden van de aarde

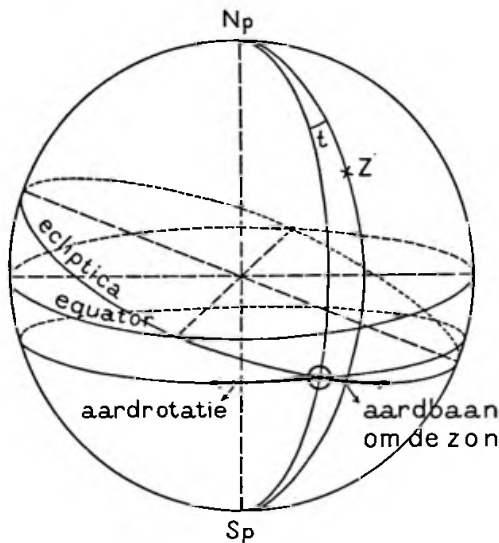


Fig. 4.18

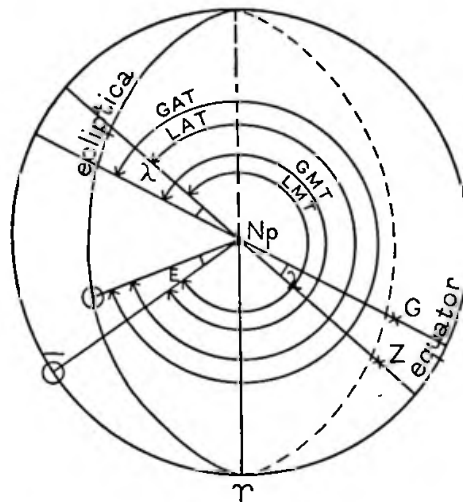


Fig. 4.19

de equator te verkrijgen zorgt men nu dat de te kiezen middelbare zon gelijk met de fictieve zon van de eerste etappe aankomt in en vertrekt uit  $\tau$ . Aan de hand van fig. 4.19 kan men de volgende tijdaanduidingen benoemen:

in haar baan om de zon (Wet der perken). Was de beweging wel constant, b.v. door een cirkelvormige baan, dan zou de uurhoek ( $t$ ) toch niet eenparig veranderen door de helling van de ecliptica. Men rekent nl. met de projectie van genoemde vector op de equator. De hoeksnelheid van de zon (aarde) is het grootst in het perihelium (perigeum) en het kleinste in het apohelium (apogeum). De aardrotatie-vector is praktisch wel constant; eerst in de laatste tijd is het gelukt geringe afwijkingen aan te tonen.

Om toch de zon voor tijdmeting te kunnen gebruiken neemt men de volgende maatregelen. De actuele zon wordt vervangen door een *middelbare zon*, die zich eenparig langs de *hemel-equator* beweegt. Eén omwenteling van de middelbare zon ( $\odot$ ) noemt men een *solaire dag*. Sinds 1924 acht men deze dag voor een bepaalde plaats te beginnen wanneer  $\odot$  de Noordmeridiaan passeert. Men spreekt van de *locale middelbare tijd* (LMT):

$$LMT = t + 12^u$$

(locale middelbare tijd = uurhoek +  $12^u$ ).

Deze middelbare zon wordt nu in twee etappen gekozen. Men denkt zich een punt dat een eenparige beweging uitvoert langs de ecliptica. Tevens komt dit punt tegelijk met de actuele zon in het perigeum aan en verlaat dit punt eveneens op hetzelfde tijdstip. De snelheid van de *fictieve* zon is nu gelijk aan de gemiddelde snelheid van de actuele zon. Om een eenparige snelheid langs

Greenwich actuele tijd (GAT),  
 Locale actuele tijd (LAT),  
 Greenwich middelbare tijd (GMT),  
 Locale middelbare tijd (LMT).

De hoek  $\odot N_p \odot = E$  noemt men de *tijdvereffening* (equation of time); dit is dus het verschil tussen de actuele tijd en de middelbare tijd. Deze waarde wordt in de zonstabellen van de Nautical Almanac opgegeven en wordt met teken toegepast op de actuele tijd (nl. „apparent minus mean”, dit geldt ook voor de nutatie in rechte klimming).

De tijdvereffening varieert:

*primair* van  $-15$  min. (ong. 12 Febr.) tot  $+16$  min. (ong. 4 Nov.) en  
*secundair* van  $+4$  min. (ong. 15 Mei) tot  $-6$  min. (ong. 27 Juli).

In de fig. 4.19 ziet men verder dat:

$$\lambda = \text{GMT} - \text{LMT} \text{ of } \lambda = \text{GAT} - \text{LAT}.$$

Hieruit blijkt dat een lengtebepaling kan volgen uit een tijdbepaling d. m. v. zonswaarnemingen en omgekeerd.

Het is nu nog wenselijk het verband na te gaan tussen zonstijd en sterretijd. Aangegeven is dat voor de sterretijdbepaling een lentepunt ( $\overline{\gamma}$ ) gekozen is, dat met eenparige snelheid langs de equator loopt. Voor de zonstijdbepaling loopt een middelbare zon ( $\odot$ ) eveneens met eenparige snelheid langs de equator. Verder heeft men de eenparige beweging van  $\overline{\gamma}$  verdeeld in twee componenten, t.w. een beweging tengevolge van *a.* de precessie en *b.* de aardrotatie. De eenparige beweging van  $\odot$  is eveneens gesplitst in twee componenten, nl. een beweging tengevolge van *a.* de aardrotatie en *b.* de omloop van de aarde om de zon (alleen het eenparige gedeelte hiervan).

Beide systemen hebben één component gemeen, nl. die van de beweging veroorzaakt door de aardrotatie. De andere component is niet gelijk en is zelfs tegengesteld gericht. De middelbare zon heeft een negatieve component en loopt dus schijnbaar minder snel dan het middelbare lentepunt (fig. 4.20). Hierdoor loopt het lentepunt op de middelbare zon in en zullen beide dus op een bepaald tijdstip samenvallen. Het tijdinterval tussen twee van dergelijke coincidenties noemt men een *tropisch jaar*, hetwelk 365,2422 middelbare solaire dagen groot is. Het aantal omwentelingen van het middelbare lentepunt is in die tijd dus 1 groter, omdat  $\overline{\gamma}$  de middelbare zon heeft ingehaald; dus 1 tropisch jaar = 366,2422 siderische dagen.

Hiermede is dan de verhouding tussen zons- en sterretijdeenheden aangegeven:

$$\frac{366,2422}{365,2422} = \frac{\text{aantal sterretijdeenheden}}{\text{aantal zonstijdeenheden}} \text{ van een bepaald interval.}$$

1 middelb. zonsdag = 1 middelb. siderische dag + 3 min (sid.) + 56,556 sec (sid.).  
 1 middelb. zonsuur = 1 middelb. siderisch uur + 9,856 sec (sid.).

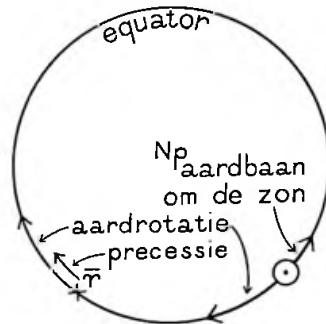


Fig. 4.20

1 middelb. zonsminuut = 1 middelb. siderische minuut + 0,1643 sec (*sid.*).

1 middelb. zonsseconde = 1 middelb. siderische seconde + 0,00274 sec (*sid.*).

De bedragen in bovenstaande opgave rechts van het = teken noemt men het *siderisch equivalent*, de hierin cursief gedrukte waarden duidt men aan met *siderische reductie*.

De verhouding tussen sterretijd en zonstijd wordt omgekeerd weergegeven:

1 middelb. sid. dag = 1 middelb. zonsdag — 3 min — 55,910 sec (*middelb. tijdseenh.*).

1 middelb. sid. uur = 1 middelb. zonsuur — 9,830 sec (*middelb. tijdseenheden*).

1 middelb. sid. min. = 1 middelb. zonsmin. — 0,1638 sec (*middelb. tijdseenheden*).

1 middelb. sid. sec. = 1 middelb. zonssec. — 0,00273 sec (*middelb. tijdseenheden*).

Op analoge wijze spreekt men hier van het *solair equivalent* en van de *solaire reductie*.

Met behulp van bovenstaande betrekkingen is het mogelijk een *tijdinterval* uitgedrukt in de ene tijdeenheid te herleiden tot de andere tijdsoort. Nu moet nog nader bekeken worden hoe van een bepaald *tijdstip* de ene tijdsoort vervangen kan worden door de andere. De opgave is dus een bepaald moment in middelbare tijd gegeven uit te drukken in sterretijd of omgekeerd. Hiertoe moet in principe één bepaald moment zowel in sterretijd als middelbare tijd bekend zijn. In de almanakken worden nu dergelijke momenten van dag tot dag gegeven. Voor het beginpunt van elke dag, d. i. 0<sup>u</sup> GMT, wordt gegeven de sterretijd van dit moment onder de benaming van *siderische indextijd*. Omgekeerd geeft men ook voor het beginpunt van elke sterredag, d. i. 0<sup>u</sup> GST, de overeenkomende zonstijd; men noemt deze waarde de *solaire indextijd*. Wil men b.v. een bepaald tijdstip aangegeven in zonstijd uitdrukken in sterretijd, dan zoekt men eerst voor die dag te 0<sup>u</sup> GMT de siderische indextijd. Hierbij telt men het siderisch equivalent voor de middelbare tijd vanaf 0<sup>u</sup> GMT tot het bepaalde tijdstip. Voor het siderisch equivalent en voor het solair equivalent zijn eveneens eenvoudige tafels in de almanakken opgenomen. In Hydrografische Becijferingen 1950 (uitgegeven door het Ministerie van Marine, niet in de handel) treft men enige voorbeelden van tijdstransformatie aan.

Bij het transformeren van sterretijd tot zonstijd doet zich nog een kleine complicatie voor, verband houdende met de datum. Men houde de volgende regel voor ogen:

*Bij de transformatie van een moment uitgedrukt in sterretijd tot solaire tijd gebruikt men de solaire indextijd voor de gegeven datum als het moment vóór de siderische indextijd van die datum valt; valt het moment er na, dan moet men de solaire indextijd gebruiken van de voorafgaande datum.*

Bij het gebruik van de Nautical Almanac moet men bovendien nog acht geven op het volgende. De almanak geeft nl. niet de indextijd voor middelbare sterretijd, doch voor de actuele sterretijd. Door de nutatie in rechte klimming in rekening te brengen, moet men dus eerst deze tijd herleiden. Gewoonlijk kan dit bedrag van de nutatie achterwege gelaten worden wegens de geringe waarde (max. 0,01 sec.). In de „Apparent Places” wordt de indextijd zowel voor actuele als middelbare sterretijd gegeven.

Voor de *tijdmeting* maakt men gebruik van nauwkeurig lopende uurwerken, z.g. tijdmeters of chronometers, al dan niet in combinatie met een chronograaf (zie

par. 2.14 en 2.15). Bij de astronomische waarnemingen moet een bepaald moment via de tijdmetre of chronograaf gemarkeerd worden. Dit kan op de volgende wijzen geschieden:

- a. *Met behulp van de oog- en oormethode.* Tijdens het observeren luistert men naar de tik van de chronometer. Moet b.v. het moment gemarkeerd worden dat een ster een draad in het gezichtsveld van de kijker passeert, dan kijkt men even voor dit plaats zal hebben op de tijdmetre en telt op het gehoor verder de seconden mee, terwijl men door de kijker observeert. Het moment, dat de ster de draad passeert, schat men op tienden van seconden. Met enige geoefendheid is op deze wijze een middelbare fout in de tijdmeting van 0,1 sec. te bereiken. De nadelen van deze werkwijze zijn: Men moet zijn aandacht verdelen tussen het beluisteren van de tijdmetre en het waarnemen van de beweging van de ster in de kijker. Verder werkt men niet rustig, doordat men steeds heen en weer moet lopen tussen waarnemingsinstrument en tijdmetre.
- b. *Met behulp van een stophorloge.* Even voor het markeren van het gewenste moment start men het stophorloge op een hele minuut van de tijdmetre. Op het waarnemingsmoment drukt men de knop van het horloge in en leest het aantal seconden af, welk bedrag bij de aangenomen hele minuut van de tijdmetre geteld wordt. Ook kan men het stophorloge starten op het moment van waarneming en daarna stoppen op een hele minuut van de tijdmetre. Vanzelfsprekend dient het stophorloge nauwkeurig de tijdeenheid aan te geven, hetgeen te controleren is door veelvuldig vergelijk met de tijdmetre. Verder dient de vertraging bij het indrukken van de knop van het stophorloge constant te zijn, hetgeen bij goede horloges ook het geval is. De middelbare fout bij deze methode is eveneens van de orde van 0,1 sec.
- c. *De waarnemer roept op het moment van waarneming „stop”, terwijl een assistent op dit moment de tijdmetre afleest.* Deze methode is vrijwel het minst nauwkeurig, aangezien hier rekening gehouden moet worden met de vertraging in reactie van twee personen. De middelbare fout is hier van de orde van 0,15 sec.
- d. *Met behulp van een chronograaf.* Dit instrument wordt geschakeld aan een tijdmetre, welke van een secondencontact is voorzien, waardoor de schrijfstift van het toestel het begin van elke seconde registreert. Het einde van elke minuut wordt eveneens geregistreerd, doordat b.v. het contact dan  $1\frac{1}{2}$  sec. aangehouden wordt. In fig. 4.21 is afgebeeld een registratie van een chronograaf, waarbij tevens

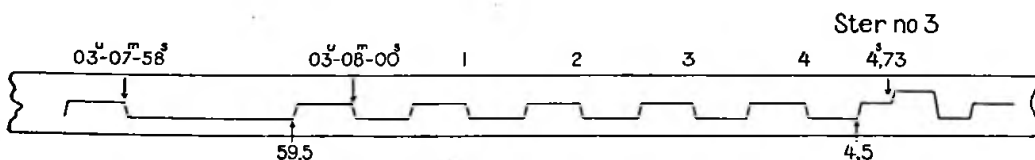


Fig. 4.21

het moment van waarneming aangegeven is. Dit tijdstip wordt bepaald door met een transversaalschaal die bij de chronograaf geleverd wordt, het interval op te meten tussen het begin van de voorafgaande seconde en het waarnemings-

moment. De afleesnauwkeurigheid is bij een geregistreeerde intervallengte van 2 cm per sec. ongeveer 0,01 sec. De middelbare fout van een tijdmeting met behulp van een chronograaf is van de orde van 0,07 sec., zodat deze methode met de aan boord beschikbare middelen wel de nauwkeurigste is. Bij astronomische waarnemingen, waarbij de factor tijd een belangrijke rol speelt, zoals bij lengtebepalingen en bij de simultane lengte- en breedtebepaling, dient dan ook altijd van een chronograaf gebruik gemaakt te worden.

#### 4.1.4 Tijdseinen

Alle gegevens betreffende radiografisch uitgezonden tijdseinen, als frequentie, zendtijden, soort van tijdsein, kan men vinden in de „Admiralty List of Radio Signals, volume II”, welk boekwerk jaarlijks uitgegeven wordt. De volgende typen van tijdseinen zijn voor de opnemer van belang:

- het Internationaal of ONOGO tijdsein;
- het Amerikaanse tijdsein (United States System);
- het rhythmisch tijdsein (Modified Rhythmic System).

Met de tijdseinen sub *a* en *b* kan men de stand op ongeveer 0,2 sec. nauwkeurig bepalen. Deze tijdseinen kunnen gebruikt worden in de gevallen waar de factor tijd van minder belang is, b.v. bij azimuthbepaling, circummeridiaansbreedtebepaling en breedtebepaling door hoogtemeting in de meridiaan. Wanneer de tijdmeting zo nauwkeurig mogelijk uitgevoerd moet worden, zoals bij lengtebepalingen en bij de simultane lengte- en breedtebepaling, dient men voor de standbepaling het rhythmische tijdsein te gebruiken.

De standbepaling met behulp van een der tijdseinen sub *a* of *b* kan door de telegrafist geschieden, de standbepaling d. m. v. een rhythmisch tijdsein geschiedt door een officier, die hierin geoefend moet zijn.

Het rhythmisch tijdsein geeft gedurende 300 middelbare tijdseconden 306 signalen; hiervan zijn het 1e, 62e, 123e, 184e, 245e en 306e strepen van 0,4 sec. duur, de rest van de signalen zijn punten van 0,1 sec. duur. Er zijn dus 305 intervallen, in 300 sec., dus 61 tijdseinintervallen komen overeen met 60 tijdmetesterseconden. De noniuseenheid is dan  $\frac{1}{61}$  middelbare tijdseconde = 0,01639 MT sec. De methode van standbepaling komt hierop neer, dat men gedurende 5 minuten luistert zowel naar de secondetikken van de tijdmetester als naar de signalen van het tijdsein, waarbij het na enige oefening niet moeilijk is om telkens (eens in de 60 sec.) de coïncidentie

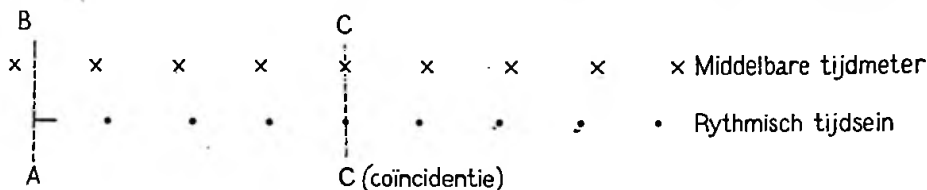


Fig. 4.22

waar te nemen tussen tijdmetertik en tijdsein. In fig. 4.22 is het verloop van een dergelijk tijdsein weergegeven. Men noteert de secunde (B) op de tijdmetester onmiddellijk voorafgaande aan de 1e streep van het tijdsein (A), terwijl vanzelfsprekend

de stand van de uur- en minuutwijzer eveneens opgeschreven wordt. Men luistert nu tegelijk naar de tijdmetertik en het tijdsein. Het verdient aanbeveling het tijdsein met behulp van een luidspreker te beluisteren en het geluid hiervan zodanig te regelen, dat men de tijdmeteter en het tijdsein op ongeveer gelijke sterkte hoort. Zodra men de coïncidentie waarneemt, noteert men de secunde op de tijdmeteter, waarbij dit samenvallen heeft plaats gehad. Stel dat dit bij C geschiedt (zie figuur), terwijl A voorstelt het begin van de tijdseinstreep (begin van de eerste secunde van een minuut), dan is dit tijdstip A op de tijdmeteter:

$$A = B + (C - B) N, \text{ waarin } N \text{ de noniuseenheid voorstelt.}$$

Stel dat men B, d. i. de onmiddellijk aan de streep voorafgaande tijdmetetersecunde, afleest op  $5^u 21^m 43^s$ , dan is in het voorbeeld in de figuur:  $A = 5^u 21^m 43^s + 4 \times 0,01639 \text{ s}$ . Dit herhaalt zich voor een volledig tijdsein 5 maal, en wel telkens een volle tijdmeteterminuut later. In de Hydrografische Tafels 1950 (uitgave van het Ministerie van Marine) treft men een herleidingstafeltje aan voor de noniuseenheid, terwijl in de toelichting hierop een uitgewerkt voorbeeld is opgenomen.

De standbepaling van een sterretijdmeteter is iets gecompliceerder. Bij het rhythmisch tijdsein corresponderen 305 tijdintervallen met 300 seconden  $MT = 300,821$  sterretijdseconden. Hieruit volgt dat 72,984 tijdintervallen corresponderen met 71,984 sterretijdseconden; de noniuseenheid is hier dus  $1/72,984 = 0,01370 \text{ ST sec}$ . Verder kan dezelfde werkwijze als bij de standbepaling van een middelbare tijdmeteter gevolgd worden. Stel dat op de tijdmeteter de eerste coïncidentie valt op  $7^u 25^m 38^s$ , dan valt de 2e coïncidentie op  $7^u 26^m 50^s$ , dus telkens 72 sec. later. Men heeft hier het voordeel, dat de coïncidenties niet steeds op hetzelfde secundental van de tijdmeteter vallen, zodat de verleiding om na de eerste coïncidentie minder aandacht aan de volgende te besteden, geringer is. Een nadeel is dat men niet altijd op 5 coïncidenties kan rekenen, doch er soms maar 4 waarneemt. Valt b.v. de eerste coïncidentie op 28 sec., dan heeft men verder coïncidenties op 100, 172, 244 sec. Hierna zou de 5e coïncidentie op de 316e sec. moeten vallen, welke evenwel door het tijdsein niet gegeven wordt. Alleen in het geval, dat de 1e coïncidentie op de 1e tot de 13e sec. plaats heeft, kan men 5 coïncidenties verwachten. In de eerder genoemde Hydrografische Tafels treft men een herleidingstabel aan voor de standbepaling van een sterretijdmeteter met in de toelichting een uitgewerkt voorbeeld.

Het moment van uitzenden van het tijdsein valt niet altijd samen met het hiervoor opgegeven tijdstip. Kleine afwijkingen komen vrijwel altijd voor. Ongeveer twee maanden na datum worden de geconstateerde afwijkingen van practisch alle tijdseinen verzameld in het „Bulletin horaire” van het „Bureau internationale de l'Heure” te Parijs. In genoemd bulletin worden deze correcties, die te Parijs bepaald zijn, opgenomen als „heure demi-définitive”. Het contrôlesysteem is nog verder geperfectionneerd, doordat op 18 over de gehele wereld verspreide sterrenwachten deze correcties nauwkeurig worden bepaald. Deze correcties worden eveneens in genoemd bulletin vermeld onder „heure définitive”; men moet er evenwel op rekenen, dat men deze gegevens eerst zes maanden later ontvangt. Voor hydrografische doeleinden is het voldoende wanneer alleen de correctie „demi-définitive” toegepast wordt. In de practijk rekent men de waarnemingen aan boord voorlopig uit, aannemende dat geen correctie toegepast behoeft te worden. Wanneer men dan later het „Bulletin horaire” ontvangt, kunnen de resultaten aan de hand van de opgegeven correctie verbeterd worden.

Wanneer men zich op grote afstand van het station, dat de tijdseinen uitzendt bevindt, speelt het tijdsverschil tussen moment van uitzenden en ontvangen ook nog een rol. Deze correctie is maximaal 0,02 sec. bij een afstand tot het zendstation gelijk aan de halve aardomtrek; zij houdt verband met de voortplantingsnelheid van de radiogolven.

Het verdient aanbeveling enige dagen vóór tot enkele na de waarneming meerdere standbepalingen uit te voeren, teneinde een inzicht in de gang van de tijdmetr te verkrijgen, welke zo regelmatig mogelijk moet verlopen. Na eventueel transport naar de wal dient het instrument eerst enige tijd tot rust gekomen te zijn, alvorens men de standbepalingen uitvoert. De gang van een goede tijdmetr bedraagt niet meer dan 3 sec. per etmaal; een grotere niet variërende gang is nog altijd te prefereren boven een kleine, doch sterk veranderlijke gang. De dagelijkse gang zet men bij voorkeur grafisch af, waardoor het bepalen van de stand voor het waarnemingsmoment vereenvoudigd wordt. Voorbeelden van standbepaling met toepassing van de gang vindt men in „Hydrografische Becijferingen 1950” (uitgave van het Ministerie van Marine; niet in de handel).

Tijdens de observaties wordt zo dikwijls mogelijk een tijdsein genomen.

#### 4.1.5 Correcties op de waarnemingen

Het begrip „ster” werd eerder gedefinieerd als het snijpunt van de *rechte lijn* getrokken door het *middelpunt van de aarde* en het *middelpunt van de fysische ster* met de hemelbol. Het is noodzakelijk genoemde drie begrippen in nadere beschouwing te nemen:

- a. de *rechte lijn*. Bij de astronomische waarnemingen is deze grootheid mathematisch niet te realiseren. Men neemt een lichtstraal waar, die onderhevig is aan:
  1. *refractie*, d. i. de straalbuiging welke veroorzaakt wordt doordat de lichtstraal luchtlagen van verschillende dichtheid passeert;
  2. *aberratie*, welke reeds genoemd is in par. 4.1.2, waar in het bijzonder de jaarlijkse aberratie besproken werd;
- b. het *middelpunt van de aarde*. De waarneming vindt plaats in een punt van het aardoppervlak. Wanneer gerekend wordt t. o. v. het middelpunt van de aarde, treedt dus een parallax op. In verband met de afstanden tot de hemellichamen is deze parallax alleen van belang bij zonswaarnemingen. (Voor de astronomische plaatsbepaling komen hier de maan en planeten niet in aanmerking.);
- c. het *middelpunt van de ster*. Ook hier wordt i. v. m. de grote afstanden tot de hemellichamen alleen de zon in nadere beschouwing genomen.

De *refractie* ontstaat, doordat de lichtstraal zijn weg moet nemen door de luchtlag welke de aarde omhult. Deze laag is niet homogeen van samenstelling, doch neemt met de afstand vanaf de aarde in dichtheid af. Overeenkomstig de brekingswetten wordt een lichtstraal die van een ster afkomstig is, dus van een laag van mindere dichtheid in een laag van grotere dichtheid komt, naar de normaal toe gebroken. Men stelt zich voor dat de omhullende laag uit een aantal homogene lagen bestaat. Wanneer de brekingsindex in een willekeurige laag door  $\mu$  voorgesteld wordt, vindt men voor de refractie:  $r = (\mu - 1) \rho \operatorname{tg} z$ , waarin  $\rho = 206265''$  en  $z$  = de zenithafstand ( $r$  is dan uitgedrukt in boogseconden).

Aan te tonen is dat de totale breking in hoofdzaak afhankelijk is van de brekings-index van de onderste luchtlag, wanneer men het aardoppervlak als een plat vlak beschouwt en veronderstelt dat de diverse luchtlagen hieraan evenwijdig lopen. Aangezien dit niet het geval is, zullen de raakvlakken aan deze luchtlagen elkaar snijden, zodat op de gevonden formule een kleine correctie toegepast moet worden. De grootste hoek tussen de raakvlakken van de bovenste luchtlag (op  $\pm 50$  km hoogte) en de onderste luchtlag blijkt slechts  $1^{\circ} 34'$  te zijn bij een stershoogte van  $15^{\circ}$ . Door de kromming van de aarde en van de omhullende luchtlagen vallen de lichtstralen onder een grotere hoek in als in het geval dat deze vlakken plat zouden zijn. Hier moet dus een kleine negatieve correctie toegepast worden op de gemeten hoogte. Uiteindelijk wordt voor de refractie  $r$  de volgende formule gevonden:

$$r = \frac{p}{760} \cdot \frac{270}{270 + t} (60'',10 \cotg h - 0'',072 \cotg^3 h)$$

Hierin is  $\mu$  uitgedrukt in een functie van  $t$  en  $p$  (resp. temperatuur in graden C en barometerstand in mm). Door prof. R. Roelofs is een handige tabel samengesteld,

gebaseerd op de formule:  $r = \frac{P}{270 + t} R$ , waarvan  $R$  in genoemde tabel te vinden

is met het argument  $h_0$  van  $15^{\circ}$  tot  $90^{\circ}$ . In de Hydrografische Tafels 1950 is deze tabel overgenomen, waarbij evenwel de gegevens herberekend zijn i. v. m. het feit, dat bij de Hydrografische Dienst het gebruikelijk is de barometerstand in millibaren uit te drukken.

Ten aanzien van de refractie is de volgende foutentheorie opgesteld. De *toevallige fouten* tengevolge van fouten in de aflezing en temperatuur en barometerstand geven een middelbare fout in de refractie:  $m_r = 0'',1 \cotg h$ . De middelbare fout is dus omgekeerd evenredig met de gemeten hoogte. Onder geen beding mag de gemeten hoogte kleiner zijn dan  $15^{\circ}$  bij waarnemingen voor astronomische plaatsbepaling.

Bij de beschouwing van de *systematische fouten* moet men rekening houden met alle denkbare fouten tengevolge van onzekerheid in de graad van vochtigheid van de lucht, instrumentale fouten, bijzondere kleur van de ster waardoor andere brekingsindex enz. Bij verschillende hoogten vindt men de volgende fouten (dr) in de refractie:

|       |              |              |              |              |
|-------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| $h_0$ | $60^{\circ}$ | $45^{\circ}$ | $30^{\circ}$ | $15^{\circ}$ |
| dr    | $0'',17$     | $0'',30$     | $0'',54$     | $1'',44$     |

Om deze fouten zoveel mogelijk te elimineren moet men dus bijzondere methoden van waarneming toepassen als het meten op verschillende dagen en tijdstippen, het meten van gelijke hoogten aan weerszijden van het zenith, e. d. Verder is het zaak de temperatuur van de lucht en de barometerstand nauwkeurig te bepalen en bij te houden.

Het meten van de luchttemperatuur biedt enige moeilijkheden; men moet er voor waken geen stralingstemperatuur van de zon te meten bij waarnemingen van dit hemellichaam. De thermometer moet dan in de schaduw liggen, liefst nabij de scheiding van zon en schaduw. De beste resultaten ook bij sterswaarnemingen, bereikt men met een slingerthermometer. De barometerstand kan met een goede geijkte aneroïdebarometer bepaald worden; vergelijk met de kwikbarometer aan boord, waarop eerst de voorgeschreven correcties toegepast moeten worden, moet vóór en na de waarnemingen plaats hebben. Temperatuur en barometerstand moeten minstens even vóór, in het midden van en direct na de observaties bepaald worden.



Na de bespreking van de jaarlijkse aberratie in par. 4.1.2 moet nu nog de *dagelijkse aberratie* nader bekeken worden (fig. 4.23). Deze aberratie ontstaat door de dagelijkse aardrotatie en is afhankelijk van de plaats op aarde. Aan de polen is nl. de lineaire snelheid = 0, terwijl zij aan de equator maximaal is. In de figuur ziet men:

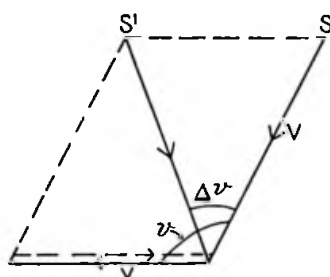


Fig. 4.23

$V$  = snelheid van het licht afkomstig van de ster  $S$ ;

$v$  = lineaire snelheid van het punt van waarneming, door de waarnemer in tegengestelde richting geïnterpreteerd;

$\Delta v$  = schijnbare afwijking van de lichtstraal afkomstig van  $S$ .

In plaats van onder de hoek  $v$  ziet men  $S$  schijnbaar in  $S'$  onder een hoek  $v - \Delta v$ . De afwijking  $\Delta v$  (in boogsec.) vindt men uit de formule:  $\Delta v = \frac{v}{V} \rho \sin v$  ( $\rho = 206265''$ ).

Dit is de afwijking in het vlak van  $V$  en  $v$ . De afwijking op een breedte  $\varphi$  wordt weergegeven door:

$$\Delta v_{\varphi} = \frac{v}{V} \rho \cos \varphi \sin v = \kappa \cos \varphi \sin v,$$

waarin  $\kappa$  = de constante van de dagelijkse aberratie =  $\frac{v_{eq}}{V} \rho = 0'',31$ .

In tegenstelling met de coëfficiënt van de jaarlijkse aberratie ( $K$ ) is dus  $\kappa$  wel degelijk een constante ( $K$  is variabel omdat hier  $v$  (= snelheid van de aarde in haar baan) niet constant is). De dagelijkse aberratie heeft een kleine correctie tengevolge in de zenithafstand, het azimuth en de uurhoek. Bij astronomische waarnemingen voor hydrografische doeleinden kunnen deze correcties evenwel verwaarloosd worden.

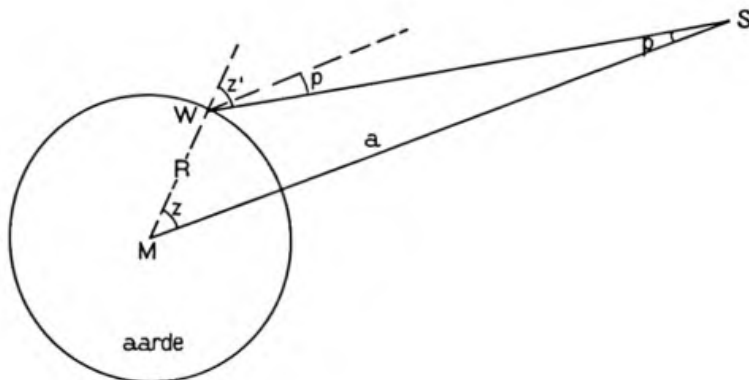


Fig. 4.24

Doordat niet in het *middelpunt van de aarde*, doch in een punt op het aardoppervlak gemeten wordt, dient bij zonswaarnemingen nog rekening gehouden te worden met de *parallax* (fig. 4.24). In het punt van waarneming  $W$  op het aard-



Bij zonsrandwaarnemingen kan het van belang zijn het refractieverval in rekening te brengen, doordat men in plaats van het middelpunt de rand meet.

In de refractieformule:  $r = \frac{p}{760} \cdot \frac{270}{270 + t} (60'',10 \cotg h - 0'',072 \cotg^3 h)$

kunnen benaderd worden:  $p = 760$  en  $t = 0^\circ$ , terwijl men de derdemachts-term verwaarloost, zodat  $r \approx 60'' \cotg h$ . Na differentiatie:

$$\Delta r = 60'' \cdot \frac{1}{\sin^2 h} \Delta h = 30'' \cdot \frac{1}{\sin^2 h} \cdot d \quad (\frac{1}{2}d = \Delta h)$$

$$\text{of in boogseconden: } \Delta r = 30'' \cdot \frac{1}{\sin^2 h} \cdot \frac{d''}{\rho''} = \frac{C}{\sin^2 h}$$

Om een beeld van de grootte van deze refractiecorrectie te geven volgen hieronder voor enkele hoogten bij een gemiddelde waarde van de zonsdiameter enige waarden:

|            |            |            |            |            |
|------------|------------|------------|------------|------------|
| $h$        | $15^\circ$ | $30^\circ$ | $45^\circ$ | $60^\circ$ |
| $\Delta r$ | $2'',1$    | $0'',6$    | $0'',3$    | $0'',2$    |

Bij gebruik van het voorzetprisma „Roelofs” (zie par. 2.13) vervallen de correcties voor de halve diameter van de zon. Hier wordt dan slechts de constante brekingsfactor van het prisma toegepast (+ of  $- 11' 30''$ ).

#### 4.1.6 Algemene aanwijzingen voor astronomische waarnemingen; eisen waaraan de observatieplaats moet voldoen.

Aan de opstelling van het instrument moet de uiterste zorg besteed worden. Bij gebruik van een theodoliet dient het statief zodanig opgesteld te zijn, dat het observeren en aflezen geen lichamelijke inspanning kost. De nodige maatregelen tegen ongunstige weersinvloeden als wind, neerslag e. d. moeten genomen worden. Het opgestelde instrument moet van alle zijden goed toegankelijk zijn; veelvuldig lopen in de nabijheid van het instrument is zeer funest.

Bij een drassige bodem verdient het aanbeveling piketten in de grond te drijven, welke van gaatjes voorzien zijn, waarin men de punten van het statief kan plaatsen. Wanneer het observatiepunt toch gemarkeerd moet worden, doet men er goed aan reeds vóór de waarnemingen een solide pilaartje te laten metselen, dat tevens als opstelling van het instrument dienst kan doen. Voor een goede in de bodem ingegraven fundatie moet dan gezorgd worden. Alle maatregelen voor een goede opstelling van de theodoliet, welke in par. 2.11 besproken zijn, gelden hier in onverminderde mate. Bij nachtelijke waarnemingen kan men de poten van het statief beschermen door zandzakjes, piketten of dergelijke; een en ander evenwel vrij van het statief aangebracht om ongewenste spanningen hierin te voorkomen. Bij abnormale vocht-afzettingen kan men onder het instrument een petroleumvergasser laten branden. De observatieplaats dient zelf gemakkelijk bereikbaar te zijn voor een veilig transport van de benodigde tijdmeters en andere kwetsbare apparaten. Verder dient er gelegenheid te zijn het punt op eenvoudige wijze in de triangulatie op te nemen.

Voor de opstelling zoekt men een terrein uit, dat met zo min mogelijk kapwerk een groot gezichtsveld geeft in de waar te nemen richtingen; bij astrolabiummetingen in alle richtingen, bij breedtebepalingen in de N- en S-richting; bij lengtebepalingen in de E- en W-richting.

Hetgeen in par. 2.11.4.2 over de *horizontering* vermeld is, dient ook hier zorgvuldig toegepast te worden. Een geregelde contrôle tussen de series door mag niet nagelaten worden.

Bij nachtelijke observaties stelt men de apparaten reeds bij daglicht op en controleert men een en ander op de goede werking. Ook de regeling van de theodoliet dient nog bij daglicht plaats te hebben. Vóór de waarnemingen wordt op het laatst alles nog eens gecontroleerd. Men zorgt dat de oculairen en het objectief schoon en stofvrij zijn en dat de kijker en het meetkruis op de voorgeschreven wijze scherp-gesteld zijn. De nachtverlichting wordt geheel nagegaan; de batterijen moeten op spanning zijn. Reserve lampjes en eventueel reserve batterijen moeten bij de hand zijn. Enige elektrische zaklantaarns met verse batterijen worden klaargelegd.

Men legge een lijst van de diverse benodigdheden aan. Vóór het vertrek naar de waarnemingsplaats controleert men de aanwezigheid van alle artikelen. Voor behoorlijk opschrijfmateriaal dient gezorgd te worden (reservepotloden, opschrijfboekjes, kladpapier, e. d.). De diverse bescheiden moeten in een bij voorkeur waterdichte map medegenomen worden.

Men geeft de *assistent (opschrijver)* duidelijke instructies en licht hem in over de gang van zaken. De assistent zorgt er voor:

- bij nachtelijke waarnemingen niet te storen met licht;
- de waarnemer met alles te helpen voor een rustig verloop van de observaties;
- de waarnemer aan de hand van het te voren opgemaakte meetprogramma tijdstip, azimuth, hoogte, magnitude en naam van de waar te nemen ster op te geven;
- de barometerstand en temperatuur geregeld op te nemen en te noteren met tijdvermelding;

op de tijdmetr en chronograaf te letten, c.q. de laatste in werking te stellen op aanwijzing van de waarnemer; op het registratiepapier van dit instrument alle bijzonderheden te noteren, als uur- en minuutaanwijzing, volgnummer van de te observeren ster, enz.;

alle bijzonderheden in het meetboekje te noteren, als nevel, overmatige vocht-afzetting, bewolking, enz. Hij waarschuwt de waarnemer van opkomende bewolking.

Wanneer de assistent voor zijn werkzaamheden licht nodig heeft, dan dient gezorgd te worden dat dit voor de waarnemer niet hinderlijk is. Bij voorkeur brengt men de assistent met de door hem te bedienen apparaten (tijdmetr, chronograaf, enz.) onder in een afzonderlijk tentje op een zodanige afstand van de waarnemer, dat een goede communicatie verzekerd blijft.

Van te voren maakt men een *observatieprogramma* klaar, dat men laat controleren. Kort voor de observaties neemt men het gehele programma nog met de assistent door. Van een goed opgemaakt programma hangt voor een groot deel het welslagen van de observaties af.

Voor een behoorlijke vastlegging van de waarnemingsplaats moet gezorgd worden, opdat het punt later gemakkelijk teruggevonden kan worden. Men maakt uit verschillende richtingen foto's van het punt, waarbij de omgeving met zoveel mogelijk kenbare punten goed tot uiting komt. Vanuit het waarnemingspunt snijdt men enige permanente kenbare punten in en meet men meerdere afstanden op tot nabijgelegen vaste punten als rotsblokken, gemerkte bomen, e. d. De plaats zelf wordt door een stevige gemetselde pilaar gemarkeerd, voorzien van de nodige

aanduidingen als naam van het punt, jaartal en naam van het schip, b.v.: ASTRO 4, 1951, Hr. Ms. Snellius.

Wanneer men beschikt over luchtfoto's verdient het aanbeveling hierop een markant punt uit te zoeken voor een waarnemingsplaats. Is men gebonden aan een bepaalde plaats, b.v. aan een punt van de triangulatie, dan wordt de keuze beperkt. Men richt dan het observatiepunt op in een punt, dat vanuit het verlangde punt gemakkelijk bereikbaar en uit te meten is en op de luchtfoto t. o. v. markante punten gemakkelijk te oriënteren is.

#### 4.1.7 Methoden van astronomische plaatsbepaling

Bij de Hydrografische Dienst der Koninklijke Marine worden de volgende methoden ter bepaling van de astronomische coördinaten toegepast:

- de simultane lengte- en breedtebepaling volgens de methode Gauss;
- de breedtebepaling door meting van hoogten van sterren (c.q. van de zon) nabij of in de meridiaan;
- de lengtebepaling door meting van stershoogten in de eerste verticaal.

De methode sub *a* is wel de universeel toegepaste werkwijze, waardoor gelijktijdig lengte en breedte van een plaats bepaald kunnen worden. Bij aanname van een gegiste lengte en breedte van een bepaalde plaats worden de tijdstippen genoteerd, waarop een zeker aantal sterren bij uiteenlopende azimuths een bepaalde hoogte bereiken, b.v. 60° of 45°. Volgens de methode Marc St. Hilaire worden dan de hoogtelijnen of positielijnen bepaald, waaruit de geografische coördinaten afgeleid kunnen worden. Hiertoe gebruikt men voor de waarnemingen bij de Koninklijke Marine de Wild T2 theodoliet, voorzien van een 60° prisma-astrolabium-uitrusting (zie par. 2.12).

De methoden sub *b* en *c* zijn geschikt, indien men resp. alleen een geografische breedte of lengte wenst te bepalen, b.v. in combinatie met een astronomische peiling op een punt, waarvan de geografische coördinaten bekend zijn. Voor de breedtebepaling gebruikt men eveneens de Wild T2 theodoliet, waarmee men dan stershoogten of de zonshoogte in of nabij de meridiaan meet. Bij het meten van zonshoogten wordt bij voorkeur op de theodoliet het voorzetprisma „Roelofs” (zie par. 2.13) geplaatst. Voor de lengtebepaling worden uitsluitend stershoogten gemeten.

Om de voorlopige geografische coördinaten van een plaats te bepalen meet men ook wel sters- of zonshoogten met behulp van een sextant al dan niet in combinatie met een kunstkim (zie par. 2.9).

#### 4.1.8 Simultane lengte- en breedtebepaling

Deze methode van plaatsbepaling, welke door Gauss werd ingevoerd, biedt de mogelijkheid om met betrekkelijk eenvoudige hulpmiddelen gelijktijdig lengte en breedte te bepalen. In fig. 4.26 zijn in de parallaxische driehoek de bekende elementen:  $90^\circ - \delta$  en de zenithafstand  $z = 90^\circ - h$ , welke laatste gemeten kan worden. De onbekende elementen zijn  $90^\circ - \varphi$  en de uurhoek  $t$ . In deze boldriehoek bestaat de betrekking:

$$\cos z = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos t,$$

of wanneer men de uurhoek te Greenwich invoert:

$$\cos z = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos (t_G + \lambda).$$

Als onbekenden komen in deze vergelijking voor  $\varphi$  ( $2 \times$ ) en  $\lambda$ . Om deze vergelijking op te kunnen lossen, heeft men dus tenminste nog een vergelijking nodig met genoemde onbekenden. Voor een 2e ster moet dus een dergelijke vergelijking opgesteld worden. Gauss heeft nu de zenithafstand eveneens als onbekende ingevoerd door deze niet te meten. Wel wordt er voor gezorgd, dat de  $z$ -waarden bij alle observaties gelijk zijn. Men heeft dus tenminste 3 sterren waar te nemen om de 3 vergelijkingen met 3 onbekenden op te kunnen lossen, teneinde de waarden  $\lambda$ ,  $\varphi$  en  $z$  te kunnen berekenen. De oplossing moet indirect geschieden, omdat  $\lambda$ ,  $\varphi$  en  $z$  niet expliciet uit te drukken zijn in de gegeven grootheden. Men voert nu de benaderde waarden in:  $\varphi_0$ ,  $\lambda_0$  en  $z_0$ .  $\varphi_0$  en  $\lambda_0$  zijn uit een triangulatie over te nemen of uit een kaart af te passen. De waarde  $z_0$  is bij het instrument gegeven. Als eigenlijke onbekenden zijn dan nu ingevoerd de aanvullingen  $d\varphi$ ,  $d\lambda$  en  $dz$  tot resp.  $\varphi$ ,  $\lambda$  en  $z$ . De oorspronkelijke onbekenden worden nu als volgt gesubstitueerd:

$$\varphi = \varphi_0 + d\varphi; \lambda = \lambda_0 + d\lambda; z = z_0 + dz.$$

De vergelijking wordt dan ( $i = 1 \rightarrow 3$ ):

$$\cos (z_0 + dz) = \sin (\varphi_0 + d\varphi) \sin \delta_1 + \cos (\varphi_0 + d\varphi) \cos \delta_1 - \cos (t_{G_1} + \lambda_0 + d\lambda).$$

Hierin veronderstelt men  $d\varphi$ ,  $d\lambda$  en  $dz$  klein t. o. v. resp.  $\varphi$ ,  $\lambda$  en  $z$ , zodat na een reeksontwikkeling de volgende vergelijking ontstaat:

$$\begin{aligned} \cos z_0 - dz \sin z_0 &= (\sin \varphi_0 + d\varphi \cos \varphi_0) \sin \delta_1 + \\ &+ (\cos \varphi_0 - d\varphi \sin \varphi_0) \cos \delta_1 \{ \cos (t_{G_1} + \lambda_0) - d\lambda \sin (t_{G_1} + \lambda_0) \} \\ &= \sin \varphi_0 \sin \delta_1 + d\varphi \cos \varphi_0 \sin \delta_1 + \cos \varphi_0 \cos \delta_1 \cos (t_{G_1} + \lambda_0) - \\ &- d\varphi \sin \varphi_0 \cos \delta_1 \cos (t_{G_1} + \lambda_0) - \cos \varphi_0 \cos \delta_1 \sin (t_{G_1} + \lambda_0) d\lambda + \\ &+ d\varphi d\lambda \sin \varphi_0 \cos \delta_1 \sin (t_{G_1} + \lambda_0). \end{aligned}$$

Termen van een hogere graad dan eerste graads-termen kunnen hierin geschrapt worden, zodat de laatste term komt te vervallen; men krijgt dan:

$$\cos z_0 - dz \sin z_0 = \sin \varphi_0 \sin \delta_1 + \cos \varphi_0 \cos \delta_1 \cos (t_{G_1} + \lambda_0) + d\varphi \{ \cos \varphi_0 \sin \delta_1 - \sin \varphi_0 \cos \delta_1 \cos (t_{G_1} + \lambda_0) \} - d\lambda \{ \cos \varphi_0 \cos \delta_1 \sin (t_{G_1} + \lambda_0) \}.$$

Volgens de boldriehoek in fig. 4.27 vereenvoudigt men de vergelijking door voor

$$\cos \varphi_0 \sin \delta_1 - \sin \varphi_0 \cos \delta_1 \cos (t_{G_1} + \lambda_0)$$

te substitueren  $\sin z_{00} \cos a_{00}$ , of in woorden uitgedrukt: de zenithafstand en het azimuth corresponderen met  $\varphi_0$  en  $\lambda_0$ . Verder substitueert men:

$$\cos z_{00} = \sin \varphi_0 \sin \delta_1 + \cos \varphi_0 \cos \delta_1 \cos (t_{G_1} + \lambda_0);$$

$$\cos \varphi_0 \sin z_{00} \sin a_{00} = \cos \varphi_0 \cos \delta_1 \sin (t_{G_1} + \lambda_0).$$

De vergelijking wordt dan:

$$\cos z_0 - dz \sin z_0 = \cos z_{00} + d\lambda \cos \varphi_0 \sin z_{00} \sin a_{00} + d\varphi \sin z_{00}.$$

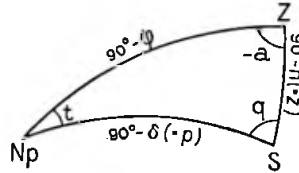


Fig. 4.26

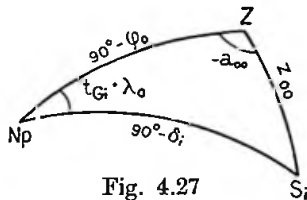


Fig. 4.27

Nu stelt men  $z_0 = z_{00} - \Delta z$  of  $\Delta z = z_{00} - z_0$ ; hierin correspondeert  $z_{00}$  met  $\varphi_0$  en  $\lambda_0$ ;  $z_0$  met de benaderde waarde van de zenithafstand.

Aannemende dat  $\Delta z$  klein is t. o. v.  $z$ , ontwikkelt men nu in een reeks:

$$\begin{aligned} \cos(z_{00} - \Delta z) - dz \sin z_0 &= \cos z_{00} + \Delta z \sin z_{00} - dz \sin z_0 = \\ &= \cos z_{00} + d\lambda \cos \varphi_0 \sin z_{00} \sin a_{00} + d\varphi \sin z_{00} \cos a_{00} \quad (\text{zie fig. 4.26}). \end{aligned}$$

$$\Delta z - dz = d\lambda \cos \varphi_0 \sin a_{00} + d\varphi \cos a_{00}.$$

(Voor  $\sin z_0$  stelt men bij benadering  $\sin z_{00}$ , zodat alle termen deelbaar zijn door  $\sin z_{00}$ ).

De onbekenden  $d\varphi$ ,  $d\lambda$  en  $dz$  (in radialen uitgedrukt) komen nu voor in drie lineaire vergelijkingen met drie onbekenden. Na de oplossing vindt men:  $\varphi = \varphi_0 + d\varphi$ ;  $\lambda = \lambda_0 + d\lambda$ ;  $z = z_0 + dz$ .

Laatstgenoemde waarde ( $z$ ) is voor de plaatsbepaling niet van belang en wordt derhalve niet uitgerekend.

Bovengenoemd vraagstuk is nu op twee manieren op te lossen, nl. *grafisch* en *numerisch*. De eerste methode is grover dan de tweede, doch werkt sneller. In de praktijk zal men het vraagstuk eerst grafisch oplossen; de resultaten geven dan een goede controle op de later uit te voeren numerische bewerking. Heeft men meer series waarnemingen verricht, dan kan men dadelijk aan de hand van de resultaten, bereikt met de grafische bewerking, één of meer series verwerpen en b.v. de beste serie aanhouden voor een numerische berekening. Verder kan men aan de hand van de grafische vereffening de waarden  $\varphi_0$  en  $\lambda_0$  verbeteren en met deze elementen de numerische bewerking uitvoeren. De grafische oplossing geeft een overzichtelijk resultaat, waarbij uitbijters in de serie direct in het oog springen. Verder geeft het resultaat grafisch in beeld gebracht geen aanleiding tot vergissingen inzake de richting waarin de correcties  $d\varphi$  en  $d\lambda$  vallen. Bij de numerische bewerking daarna wordt dan eventuele twijfel hieromtrent weggenomen.

De formule van uitgang voor beide methoden is:

$$\cos z = \sin \delta \sin \varphi_0 + \cos \delta \cos \varphi_0 \cos t.$$

De waarde  $\delta$  voor een bepaalde ster vindt men na toepassing van de nodige reducties in de almanakken.  $\varphi_0$  is een benaderde waarde, terwijl de uurhoek  $t$  gevonden wordt uit de tijdmeteraanwijzing op het moment van coïncidentie van beide stersbeelden in het prisma met toepassing van de factoren  $\lambda_0$  in tijd, de rechte klimming en de nodige tijdtransformatie. Men vindt dan voor een bepaalde ster de waarde  $z$ , die een bedrag  $\Delta z$  verschilt van  $z_0$ , die gegeven is voor het gebruikte prisma.

Voor de *grafische* oplossing van het probleem neemt men nu een rechthoekig coördinatenstelsel aan. Op de X-as zet men af  $d\lambda = x \sec \varphi$ ; op de Y-as  $d\varphi = y$ . Men neemt hierbij een bepaalde schaal  $\mu$  aan, zodat

$$d\lambda = \mu x \sec \varphi \text{ en } d\varphi = \mu y.$$

Analoog met de hiervoor gevonden eindformule vindt men dan:

$$\begin{aligned} \Delta z - dz &= \frac{x}{\mu} \sin a_{00} + \frac{y}{\mu} \cos a_{00} \text{ of} \\ \mu (\Delta z - dz) &= x \sin a_{00} + y \cos a_{00}. \end{aligned}$$

In deze vorm herkent men de normaalvergelijking van Hesse voor de rechte lijn. In het hier behandelde geval is deze rechte evenwel niet bepaald. In fig. 4.28 is wel

gegeven de richting van de lijn  $= a_{00}$ , doch het stuk OP is niet bepaald ( $\Delta z$  is wel bekend doch  $dz$  niet). Wel is het mogelijk door Q de lijn  $\mu \Delta z = x \sin a_{00} + y \cos a_{00}$  te trekken, waaraan de gezochte lijn op een afstand  $\mu dz$  evenwijdig loopt. Dezelfde

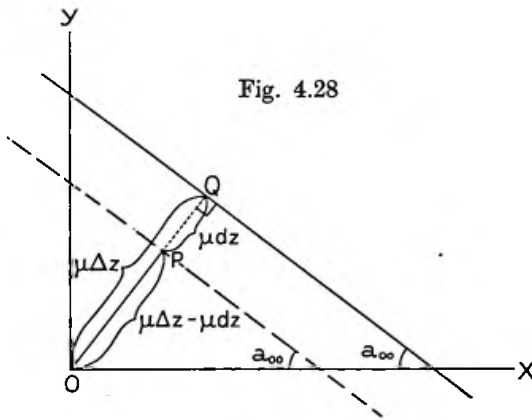


Fig. 4.28

redenering geldt ook voor de *positielijnen* van de overige sterren, die in de berekening opgenomen zijn. Voor drie sterren zal nu de lijn  $\mu \Delta z$  geconstrueerd worden (in fig. 4.29 de volgetrokken lijnen).

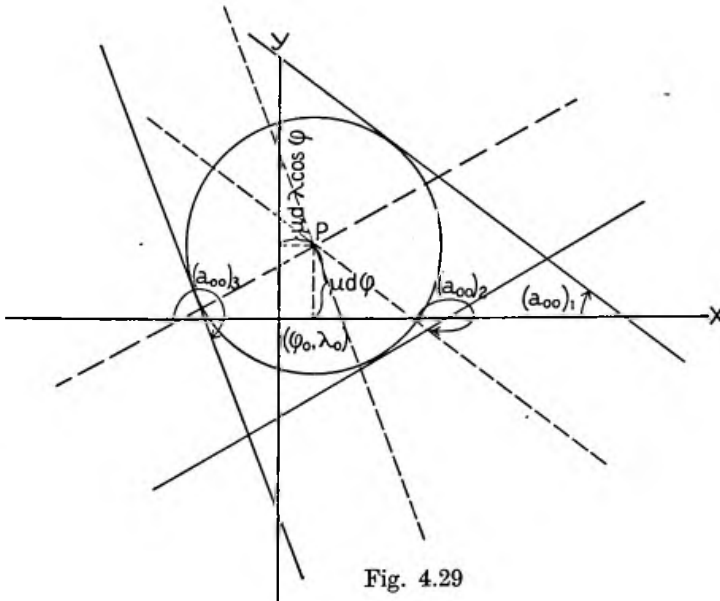


Fig. 4.29

Aan de lijn  $\mu \Delta z_1$  loopt dus evenwijdig  $\mu dz_1$ , aan  $\mu \Delta z_2$  de lijn  $\mu dz_2$ , enz. (de lijnen  $\mu dz$  zijn onderbroken getrokken). De afstanden tussen de evenwijdige lijnen is voor de drie stelen even groot en gelijk aan een bedrag  $\mu dz$ . Er is dus maar één oplossing mogelijk:



de evenwijdige lijnen liggen alle drie even ver van de  $\mu\Delta z$ -lijnen af, dus gaan zij door het middelpunt van de ingeschreven cirkel, welke een straal  $= \mu dz$  heeft.

De coördinaten van het middelpunt zijn:

$$x_p = \mu d\lambda \cos \varphi; \quad y_p = \mu d\varphi.$$

Met de waarneming van drie sterren zal in de practijk niet volstaan kunnen worden. In de regel worden 24 tot 32 sterren in een serie opgenomen. Men krijgt dan een aantal z.g. „overtollige waarnemingen”, die in het algemeen niet zullen

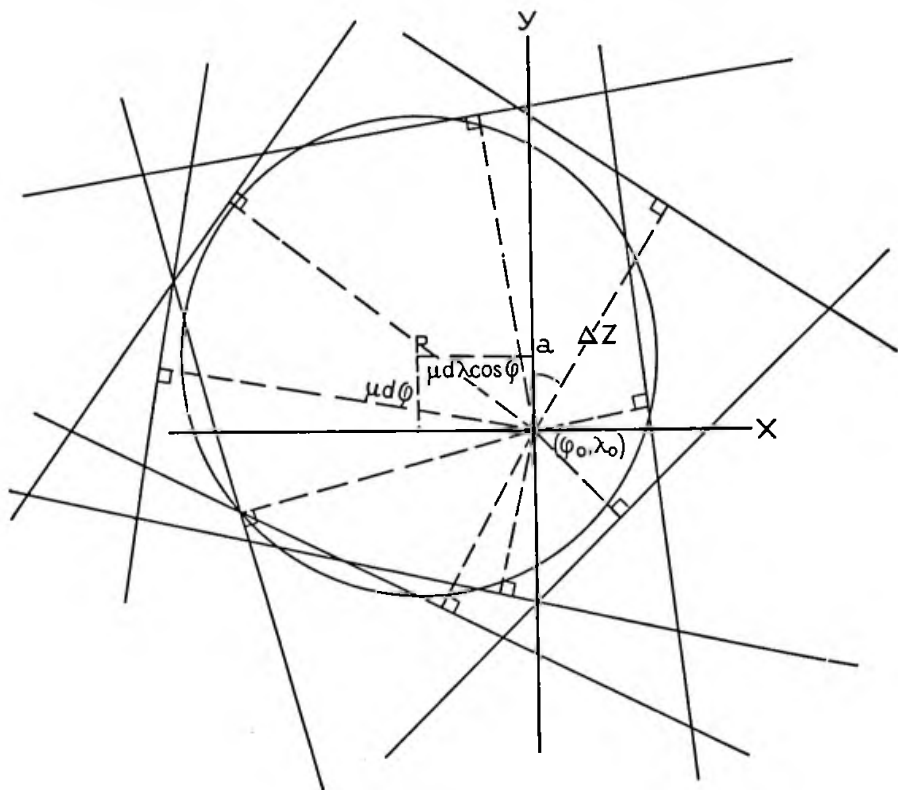


Fig. 4.30

voldoen aan de voorwaarde, dat zij gezamenlijk één ingeschreven cirkel zullen hebben, waarvan het middelpunt bovenstaande coördinaten heeft. De waarnemingen moeten grafisch vereffend worden. In de practijk gaat men als volgt te werk (fig. 4.30). Van alle waargenomen sterren zijn de waarden  $\Delta z$  berekend met de bijbehorende azimuths ( $\sin a = \cos \delta \sin t \operatorname{cosec} z$ ). Op millimeterpapier zet men een rechthoekig coördinatenstelsel uit, dat  $\varphi_0, \lambda_0$  tot oorsprong heeft. Vanuit dit punt trekt men voor elke ster een lijn, welke een hoek  $a$  maakt met de Y-as. Vanuit de oorsprong wordt op deze azimuthlijn de berekende waarde  $\Delta z$  voor elke ster op een bepaalde schaal afgezet. Indien  $\Delta z$  negatief is moet deze afstand afgezet worden in een



In de figuur is dan af te leiden:

$$OB + BC + CD = OE - DE \text{ of}$$

$$d\varphi \cos(a_{00})_1 + d\lambda \cos \varphi_0 \sin(a_{00})_1 + \varrho = \Delta z_1 - v_1$$

In deze z.g. correctievergelijking worden de coëfficiënten van  $d\lambda \cos \varphi$  en  $d\varphi$  voorgesteld door  $\sin(a_{00})_1 = a_1$  en  $\cos(a_{00})_1 = b_1$ .

Men kan de vergelijking nu als volgt schrijven:

$$a_1 d\lambda \cos \varphi_0 + b_1 d\varphi + \varrho = \Delta z_1 - v_1$$

Alle  $n$  vergelijkingen der  $n$  waarnemingen worden op deze wijze opgesteld, waaruit men volgens de methode der kleinste kwadraten oplost:

$$d\lambda \cos \varphi_0 = \frac{RS - QT}{PR - Q^2}; \quad d\varphi = \frac{PT - QS}{PR - Q^2}.$$

Hierin is:

$$P = [aa] - \frac{[a]^2}{n}; \quad R = [bb] - \frac{[b]^2}{n}; \quad T = [b\Delta z] - \frac{[b][\Delta z]}{n}; \quad Q = [ab] - \frac{[a][b]}{n};$$

$$S = [a\Delta z] - \frac{[a][\Delta z]}{n}.$$

$$\text{Voor } \varrho \text{ vindt men: } \varrho = \frac{[\Delta z] - [a] d\lambda \cos \varphi_0 - [b] d\varphi}{n}.$$

$$\text{Verder is } -v_1 = a_1 d\lambda \cos \varphi_0 + b_1 d\varphi + \varrho - \Delta z_1.$$

De middelbare fout in een enkele waarneming is dan

$$\mu = \frac{\sqrt{(vv)}}{n-3} \text{ en } m_{d\varphi} = \sqrt{Q_{\varphi\varphi}\mu^2}; \quad m_{d\lambda \cos \varphi_0} = \sqrt{Q_{\lambda\lambda}\mu^2}.$$

$$\text{Hierin is } Q_{\varphi\varphi} = \frac{P}{PR - Q^2} \text{ en } Q_{\lambda\lambda} = \frac{R}{PR - Q^2}.$$

In Hydrografische Becijferingen 1950 (uitgave Ministerie van Marine; niet in de handel) treft men een uitgewerkt voorbeeld aan van een simultane lengte- en breedtebepaling met zowel een grafische als numerische vereffening.

Hoewel de waarnemingen op zichzelf betrekkelijk eenvoudig uit te voeren zijn, moet aan de *voorbereidingen* de nodige zorg en tijd besteed worden. Aan een goed samengesteld programma is voor een groot gedeelte het welslagen van de observatie te danken.

Een nuttig boekwerk dat voor de voorbereiding van een serie astrolabium-metingen veel cijferwerk bespaart is de „Complete 60° Star Lists for position fixing by the equal altitude method” uitgegeven door de Harvard University, Cambridge Mass. Hierin zijn voor een bepaalde breedte opgegeven bij een stershoogte van 60° het azimuth, locale sterretijd in minuten, grootte van de ster (magnitude), naam van het sterrebeeld, rechte klimming en een verwijzing naar de almanakken, waarin de coördinaten van de betrokken ster opgezocht kunnen worden (Reference). B.v. voor  $\alpha$  Ursa Majoris is opgegeven:

North 53°

| Azimuth | L.S.T.<br>7 | Mag. | Constellation | R.A. |    | Ref. |
|---------|-------------|------|---------------|------|----|------|
|         |             |      |               | H    | M  |      |
| 50½     | 19          | 2,0  | U Ma          | 11   | 00 | ABC  |

In de kolom Ref. (reference) betekent:

A = American Almanac

B = British Almanac

C = Connaissance des temps.

In de kolom L.S.T. wordt in de kop het uur: 7<sup>u</sup> gegeven, in de kolom zelf het aantal minuten; voor de betrokken ster is LST dus 7<sup>u</sup> 19<sup>m</sup>.

Men begint nu de grenzen van de waarnemingsperiode vast te stellen en drukt deze tijden uit in LST. Deze periode moet tussen de beide schemeringen vallen, terwijl er bij voorkeur geen maan moet zijn. Een serie van 24 waarnemingen vraagt ongeveer 3 uur; in de praktijk zal men i. v. m. de mogelijkheid van opkomende bewolking een vrij grote reserve nemen en b.v. 32 sterren uitkiezen. Het interval tussen twee waarnemingen mag verder niet kleiner dan 2 minuten zijn. Ook is men gebonden aan de magnitude van de ster. Bij gebruik van een Wild T2 theodoliet met een *schone* kijker kan men de keuze uitstrekken tot sterren van de 5e magnitude. Het waarnemen van zeer heldere sterren moet vermeden worden; de coincidentie is hiervan niet nauwkeurig te bepalen. Men neemt in het programma bij voorkeur geen sterren op, waarvan de magnitude aangegeven is met een getal kleiner dan 1. Men maakt nu een staat op van een groot aantal sterren, welke aan voornoemde eisen voldoen in de volgorde van de in de 60° Star Lists aangegeven LST. Men geeft deze sterren een volgnummer en zet hun azimuths met de bijbehorende volgnummers op een roos af. Men kiest nu 24 sterren, waarvan de azimuths zo goed mogelijk over de horizon verdeeld zijn, benevens 8 „reserve”-sterren, ook zo goed mogelijk over de horizon verdeeld. Bij de selectie van deze sterren is het tevens een vereiste, dat de verdeling over de horizon zo symmetrisch mogelijk t.o.v. de meridiaan is.

Men zal opmerken dat het moeilijk is een voldoende aantal sterren tussen de azimuths 330° tot 30° en tussen 150° tot 210° te selecteren. Aan deze sterren dient voor de opneming in het programma dus zeker prioriteit gegeven te worden. Voor sterren met genoemde azimuth-grenzen dient het interval tussen twee waarnemingen groter genomen te worden; bij voorkeur niet kleiner dan 6 minuten.

Van de aldus uitgezochte 32 sterren wordt een nieuwe lijst vervaardigd in de volgorde van de LST, die bij deze sterren behoren. Men kent aan deze sterren nieuwe volgnummers toe. Op deze staat worden de volgende kolommen ingevuld: volgnummer, naam en magnitude van de ster, tijdmeteraanwijzing bij de opgegeven LST, azimuth, opmerkingen (b.v. slechte waarneming, barometerstand en temperatuur, e. d.).

Eventueel maakt men voor dezelfde nacht nog 1 of 2 van dergelijke programma's op, wanneer b.v. door bewolking kans bestaat dat een serie niet volledig waargenomen kan worden.

Om de kijker gemakkelijk in de opgegeven azimuths te kunnen instellen is het nodig dat de horizontale rand van de theodoliet georiënteerd wordt op het recht-wijzend noorden. Men maakt hierbij gebruik van een bekende richting in het terrein, waarop de rand dan nog bij daglicht georiënteerd moet worden. Ook kan men van een gemakkelijk te herkennen ster de LST en het azimuth bij het bereiken van 60° hoogte in de 60° Star Lists opzoeken. De LST van deze ster moet een voldoende bedrag, b.v. 15 minuten, kleiner zijn dan de LST van de 1e ster van het programma. Men vangt deze ster dan in het kijkerveld op en verdraait de horizontale rand op het moment van coïncideren op het bedrag van het bij deze ster opgegeven azimuth. Deze ster kan dan tevens als proefster dienen om eventueel het prisma nog te verstellen voor een zo gunstig mogelijke coïncidentie (zie par. 2.12). Is een dergelijke ster uit de 60° Star Lists niet beschikbaar, dan zoekt men voor de oriëntatie een andere gemakkelijk te herkennen ster uit, waarvan men het azimuth op een bepaald tijdstip met de bijbehorende hoogte uitrekent. Het waarnemen van deze ster moet dan geruime tijd voor de eigenlijke waarneming plaats hebben, omdat voor deze werkwijze het astrolabium-prisma nog niet aangebracht kan zijn.

Vóór het vertrek naar de waarnemingsplaats moet de volgende uitrusting gereed gemaakt zijn:

1. Theodoliet met statief.
2. Astrolabium-prisma uitrusting, compleet.
3. Nachtverlichting, bestaande uit:
  - a. lampje voor verlichting horizontale rand;
  - b. idem voor het meetmerk en de verticale rand;
  - c. idem voor het auto-collimatatie-oculair;
  - d. verbindingsdraad randverlichting op batterij;
  - e. verbindingsdraad verlichting auto-collimatatie-oculair op batterij;
  - f. statiefschakelaar;
  - g. batterijtas met verse batterij.
4. Auto-collimatatie-oculair.
5. Flesje met gezuiverd kwik en flesje om gebruikt kwik in over te gieten.
6. Tijdmeter (eventueel 2 stuks) met chronograafaansluiting.
7. Chronograaf compleet (verbindingsdraden, contactsleutel voor waarnemer, inkt, papierrollen).
8. Stophorloge.
9. Zak- of polshorloge.
10. Waterdichte map met meetboekje, meetprogramma, kladpapier en potloden.
11. Enige elektrische zaklantaarns met verse batterijen.
12. Slingerthermometer.
13. Aneroïdebarometer (geijkt met de kwikbarometer aan boord).
14. Accu met verlichting voor de assistent (opschrijver).
15. Voltmeter.
16. Draaghare radio-ontvanger compleet (batterijen, verbindingsdraden, antenne en reservelampen).

17. Tafeltje met krukje voor assistent (opschrijver).
18. Tent voor opschrijver c.q. presenning.
19. Muskietengaas; insect-repellent.

Het verdient aanbeveling van de diverse kwetsbare onderdelen, als spiegelkje van de auto-collimator, lampjes, batterijen, flesjes e. d., de nodige reserve mede te nemen.

De inrichting, regeling en opstelling van bovengenoemde instrumenten is uitvoerig behandeld in hoofdstuk II.

Het verloop van de waarnemingen is na een zorgvuldige voorbereiding verder eenvoudig. Nadat de horizontale rand op een bekende richting is ingesteld en men met behulp van het prisma de gunstigste afstand van beide beelden van de proefster bij de coincidentie bepaald heeft, stelt men de kijker in op het azimuth van de 1e ster van het programma. Enige minuten voordat de ster de hoogte van  $60^\circ$  bereikt heeft, wordt de waarnemer door de opschrijver gewaarschuwd. Laatstgenoemde stelt op order van de waarnemer de chronograaf in werking. In het kijkerveld ziet men van de betrokken ster beide beelden verschijnen, welke zich naar elkaar toe bewegen; West van de meridiaan gaat het directe beeld van onder naar boven, het teruggekaatste beeld van boven naar onder; Oost van de meridiaan heeft het tegenovergestelde plaats. Even vóór het moment van coincidentie roept de waarnemer „Opgepast” en op het moment zelf drukt hij de contactsleutel in, waarbij hij „Stop” roept. De opschrijver controleert of de registratie op de chronograaf behoorlijk plaats gehad heeft en stelt dit instrument weer buiten werking. Hij noteert op het papierlint de volle minuut voorafgaande aan het coincidentiemoment en plaatst bij de registratie hiervan het volgnummer van de ster. Op dezelfde wijze wordt het gehele programma afgewerkt. Van tijd tot tijd noteert de opschrijver barometerstand, temperatuur, bewolking, e. d.

Voor de becijfering maakt men gebruik van de schema's, zoals deze zijn aangegeven in „Hydrografische Becijferingen 1950” (uitgave Ministerie van Marine; niet in de handel).

Bij gebruik van het beschreven instrumentarium is het voor een geoefende waarnemer onder normale omstandigheden zeer wel mogelijk de middelbare fout in het eindresultaat van de lengte en breedte beneden  $1''$  te houden. Een middelbare fout groter dan  $3''$  kan niet meer geaccepteerd worden.

#### 4.1.9 Breedtebepaling uit waarnemingen van sterren of van de zon

Wanneer men de parallactische driehoek in fig. 4.26 wederom beschouwt, blijkt dat men de breedte ( $\varphi$ ) berekenen kan, wanneer gegeven zijn  $90^\circ - h$ ,  $t$  en  $90^\circ - \delta$ . Men kan zich nu afvragen onder welke omstandigheden men voor de breedtebepaling het gunstigst een ster kan observeren. Hiertoe gaan we eerst na welke invloed een fout in de hoogtemeting heeft op de breedtebepaling. We veronderstellen hierbij dat er geen fout in de uurhoek (dus in de tijdbepaling) is. Uit fig. 4.32 blijkt dat een fout in hoogte (zenithafstand) als regel vergroot overgaat in een fout in breedte. In het gunstigste geval is deze overgang  $1 : 1$ ; dit is wanneer SZ en  $N_pZ$  in elkaars verlengde liggen d. i. wanneer het hemellicht in of nabij de meridiaan staat.

In fig. 4.33 veronderstellen we dat geen fout in hoogte aanwezig is, doch wel een fout in de uurhoek ( $t$ ). Ook hier is de waarde van de fout in breedte tengevolge

van een fout in de uurhoek minimaal, wanneer SZ en  $N_pZ$  in elkaars verlengde liggen.

Uit het bovenstaande blijkt dus dat men voor een breedtebepaling een minimale fout verwachten kan, wanneer het hemellicht in of nabij de meridiaan geobserveerd wordt.

Men onderscheidt twee methoden ter bepaling van de breedte:

- de meridiaanbreedtebepaling;
- de circum-meridiaanbreedtebepaling.

De methode sub a berust op het meten van de hoogte van zon of ster wanneer deze precies in de meridiaan de grootste hoogte (bij circumpolair sterren c.q. de

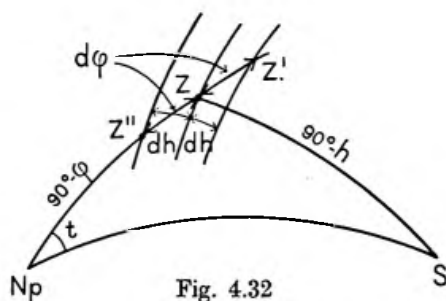


Fig. 4.32

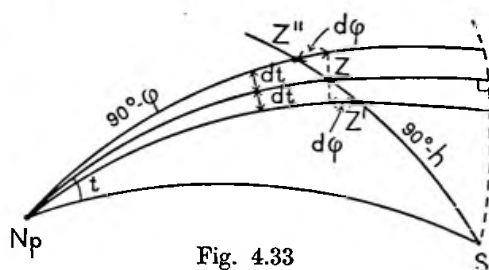


Fig. 4.33

kleinste hoogte) bereikt heeft. De moeilijkheid is hier te constateren dat de ster de meridiaan passeert. Practisch is het niet na te gaan wanneer de grootste (c.q. kleinste) hoogte bereikt is. Men moet daarom trachten de kijkeras van het waarnemingsinstrument zo zuiver mogelijk met de meridiaan te doen samen-vallen. Deze stand kan bepaald worden door gebruik te maken van een z.g. „instelster”. Wanneer de lengte van de standplaats bekend is, geldt voor een ster in de meridiaan:  $LST = \alpha$  (rechte klimming). Deze LST wordt uitgedrukt in GMT, waarna gemakkelijk de aanwijzing van de tijdmetre is te bepalen op het moment, dat de ster de meridiaan passeert. Ongeveer een minuut vóór dit tijdstip volgt men de betrokken ster in de kijker op de verticale draad. Wanneer de tijdmetre het

culminatiemoment aangeeft stopt de assistent (opschrijver) en laat de waarnemer ogenblikkelijk de knop van de horizontale beweging van het waarnemingsinstrument los en leest de horizontale rand af of ver stelt de horizontale rand zodanig, dat bij de vastgeklemdde kijker men op deze rand precies de aflezing 0 of  $180^\circ$  verkrijgt.

Hierna kan met de waarnemingen van de stershoogten begonnen worden. Van te voren heeft men een programma samengesteld, waarin diverse sterren zijn opgenomen met vermelding van de hoogte, die zij ongeveer in de meridiaan zullen bereiken, en de aanwijzing van de tijdmetre op het moment van culmineren. Bij gebruik van de Wild T2 theodoliet denke men er aan, dat het alhidade-niveau van de verticale rand zo goed mogelijk geregeld is, terwijl men dit niveau na elke meting moet laten inspelen (zie par. 2.11).

Voor de selectie van de „programma”-sterren maakt men van onderstaand schema gebruik (zie ook fig. 4.34):

Voor een ster  $S_1$  in de  $Sd$ -meridiaan bij *bovenste culminatie* :

$$h_1 = \delta_1 + 90^\circ - \varphi$$

$$\varphi = -h_1 + \delta_1 + 90^\circ$$

Voor een ster  $S_2$  in de  $Nd$ -meridiaan bij *bovenste culminatie* :

$$180^\circ - h_2 = \delta_2 + 90^\circ - \varphi$$

$$\varphi = +h_2 + \delta_2 - 90^\circ$$

Voor een ster  $S_3$  in de  $Nd$ -meridiaan bij *onderste culminatie* :

$$180^\circ - h_3 = 180^\circ - \delta_3 + 90^\circ - \varphi$$

$$\varphi = +h_3 - \delta_3 + 90^\circ$$

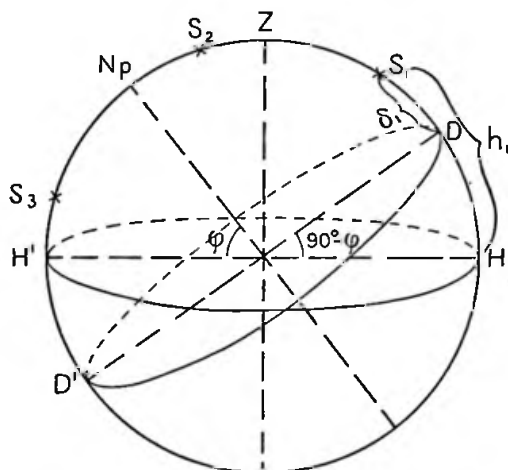
Bovenstaand schema geldt voor *Noorderbreedte*.

Voor *Zuiderbreedte* gelden de formules:

$$Nd\text{-meridiaan } (BC): \varphi = +h_1 + \delta_1 - 90^\circ.$$

$$Sd\text{-meridiaan } (BC): \varphi = -h_2 + \delta_2 + 90^\circ.$$

$$Sd\text{-meridiaan } (OC): \varphi = -h_3 - \delta_3 - 90^\circ.$$



$$\delta_2(v.S_2) = S_2 D$$

$$h_2(id.) = S_2 H' = 180^\circ - S_2 H$$

$$\delta_3(v.S_3) = S_3 D' = 180^\circ - S_3 D$$

$$h_3(id.) = S_3 H' = 180^\circ - S_3 H$$

Fig. 4.34

Wanneer men bij de waarnemingen een constante hoogtefout krijgt, blijkt dat men de fout in breedte, die hierdoor ontstaat, kan elimineren door bij een waarneming van b.v. een  $Nd$ -ster, die een bepaalde culminatiehoogte heeft, ook een  $Sd$ -ster waar te nemen met dezelfde culminatiehoogte. Bij het samenstellen van het programma kiest men de sterren dus „paarsgewijs”. Voor gelijke hoogten kan men gelijke refractiefouten verwachten, zodat deze fouten door het paarsgewijs kiezen van sterren van gelijke hoogte tevens geëlimineerd worden.

De combinatie  $S_1 - S_2$  geeft:

$$\varphi = -h_1 + \delta_1 + 90^\circ$$

$$\varphi = +h_2 + \delta_2 - 90^\circ$$

---


$$2\varphi = (-h_1 + h_2) + (\delta_1 + \delta_2)$$



en de combinatie  $S_1 - S_3$ :

$$\begin{aligned}\varphi &= -h_1 + \delta_1 + 90^\circ \\ \varphi &= +h_3 - \delta_3 + 90^\circ \\ \hline 2\varphi &= (-h_1 + h_3) + (\delta_1 - \delta_3) + 180^\circ\end{aligned}$$

Bij  $h_1 \approx h_2$  en  $h_1 \approx h_3$  zijn dus sterrenparen te vinden, die voldoen aan de volgende voorwaarden:

voor combinatie  $S_1 - S_2$ :  $\delta_1 + \delta_2 \approx 2\varphi$

voor combinatie  $S_1 - S_3$ :  $\delta_1 - \delta_3 \approx 2\varphi - 180^\circ$

Bij de selectie dient er tevens op gelet te worden, dat tussen de beide waarnemingen van een sterrenpaar een niet te groot tijdsinterval bestaat, opdat de kans op wijziging van de diverse foutenbronnen (b.v. refractie) niet te groot worde. Men dient dus nog de volgende voorwaarde te scheppen:

voor combinatie  $S_1 - S_2$ :  $\alpha_1 \approx \alpha_2$

voor combinatie  $S_1 - S_3$ :  $\alpha_1 \approx \alpha_3 + 12^u$

De gang van zaken bij het opstellen van het programma is nu aldus: Men drukt de tijdstippen van begin en einde der waarnemingen uit in LST, resp.  $a$  en  $b$ . In de almanak zoekt men tussen de waarden voor de rechte klimming ( $\alpha$ )  $= a$  en  $= b$  de geschikte sterren uit, die aan eerdergenoemde voorwaarden moeten voldoen.

Een constante indexfout van de verticale alhidade wordt alleen geëlimineerd, indien men beide sterren van één paar in dezelfde kijkerstand waarneemt. Het is dus fout b.v. na de waarneming van een Nd-ster de kijker door te slaan voor de waarneming van de Sd-ster van hetzelfde sterrenpaar. Men kan dan voor het volgende paar de kijker wel doorslaan, b.v.:

$$\begin{array}{ll} \text{1e paar} \left\{ \begin{array}{l} \text{Nd-ster: RL} \\ \text{Sd-ster: RL} \end{array} \right. & \text{2e paar} \left\{ \begin{array}{l} \text{Sd-ster: RR} \\ \text{Nd-ster: RR} \end{array} \right. ; \text{ enz.} \end{array}$$

Wat betreft de invloed van een fout in de instelling van de kijker in het meridiaanvlak zij nog het volgende opgemerkt. Wanneer in de aanwijzing tijdmetr voor het culminatiemoment een fout gemaakt wordt, dus in feite de uurhoek ( $t$ ) niet gelijk is aan nul, kan men de volgende betrekking opstellen:

$$t \text{ (in tijdminuten)} = \sqrt{\frac{\cos h_m}{1,96 \cos \varphi \cos \delta}} \cdot dh$$

Voorbeelden:

$$\varphi = 45^\circ; \delta = 26^\circ; h_m = 71^\circ; dh \leq 0'',1$$

dan is  $t = 0,16 \text{ m} = 10^s$ .

$$\varphi = 0^\circ; \delta = -26^\circ; h_m = 64^\circ; dh \leq 0'',1$$

dan is  $t = 9^s$ .

Hieruit blijkt dat slechts een geringe fout in hoogte ( $\pm 0'',1$ ), dus ook in de berekende breedte ontstaat bij een vrij grote speling in de tijdmeteraanwijzing ( $\pm 10^s$ ).

Het nadeel van de methode der meridiaanbreedtebepaling is dat men per ster slechts één meting verricht en per sterrenpaar ook maar één uitkomst verkrijgt, waardoor men in het programma vele sterrenparen moet opnemen.

Bij de *circummeridiaanbreedtebepaling* is het mogelijk per ster meerdere waarnemingen te verrichten, zodat de selectie voor een observatieprogramma veel eenvoudiger is. Dikwijls kan men zelfs met één sterrenpaar volstaan. De methode, die in de zeevaartkunde ook toepassing vindt, berust op het meten van de hoogten van een ster buiten de meridiaan, nl. even vóór en even na de culminatie. De berekening eist evenwel kennis van de uurhoek van de ster op het moment van de hoogtemeting; men verricht dus gelijktijdig een hoogte- en een tijdmeting. Voor de meridiaanbreedtebepaling was feitelijk alleen een nauwkeurige tijdbepaling nodig voor de instelster om de stand van het meridiaanvlak te vinden. Hier wordt nu bij elke hoogtemeting op de tijdmeting gestopt.

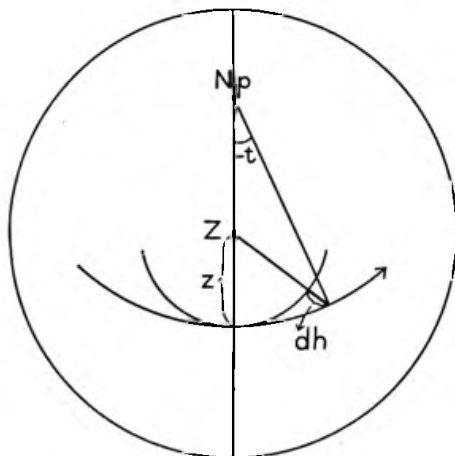


Fig. 4.35

In principe zou bij een hoogtemeting met een tijdbepaling het element  $\varphi$  uit de parallactische driehoek berekend kunnen worden. In de praktijk gaat men evenwel eenvoudiger te werk. Men herleidt de buiten de meridiaan gemeten hoogten tot hoogten, zoals deze in de meridiaan gemeten zouden zijn. Men past op de gemeten hoogte ( $h_g$ ) een correctie ( $dh$ ) toe, die men met de gemeten uurhoek vindt (fig. 4.35). Voor de bovenste culminatie (BC) geldt:

$$(BC): \sin h_g = \sin (h_m - dh) = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos t$$

( $h_m$  = hoogte in de meridiaan).

De uurhoek ( $t$ ) heeft bij deze methode slechts een kleine waarde (max.  $20^m$ ), zodat we beide leden van de opgestelde vergelijking in een reeks kunnen ontwikkelen. Door Delambre is dit op de volgende wijze geschied.

De reeksontwikkeling van het eerste lid geeft:

$$\sin (h_m - dh) = \sin h_m - dh \cos h_m - \frac{1}{2} dh^2 \sin h_m$$

en van het tweede lid:

$$\sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta (1 - 2 \sin^2 \frac{1}{2} t)$$

(Hierin is  $\sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta = \cos (\varphi - \delta) = \sin h_m$ )

$$= \cos (\varphi - \delta) - 2 \cos \varphi \cos \delta \sin^2 \frac{1}{2} t.$$

$$dh \text{ (in radialen)} = \frac{2 \cos \varphi \cos \delta}{\cos h_m} \sin^2 \frac{1}{2} t - \frac{1}{2} dh^2 \operatorname{tg} h_m \text{ of}$$

$$dh \text{ (in boogsecunden)} = \frac{dh}{\varrho} = \frac{2 \cos \varphi \cos \delta}{\cos h_m} \sin^2 \frac{1}{2} t - \frac{1}{2} \frac{dh^2}{\varrho} \operatorname{tg} h_m$$

(In bovenstaande reeksontwikkelingen is men niet verder gegaan dan de 2e graadstermen.)

$$\text{Stel nu } \frac{\cos \varphi \cos \delta}{\cos h_m} = A \text{ en } 2\varrho \sin^2 \frac{1}{2} t = m, \text{ dan is } dh \text{ (in '' )} = A \cdot m - \frac{1}{2} \frac{dh^2}{\varrho} \operatorname{tg} h_m.$$

In de 2e term van de laatste vergelijking komt de waarde  $dh$  voor, die bij benadering gelijkgesteld wordt aan de  $dh$ -waarde van de  $A \cdot m$ -term, zodat:

$$dh \approx A \cdot m - \frac{1}{2} \frac{A^2 m^2}{\varrho} \operatorname{tg} h_m$$

$$\frac{m^2}{2\varrho} = \frac{4\varrho^2 \sin^4 \frac{1}{2} t}{2\varrho} = 2\varrho \sin^4 \frac{1}{2} t = n$$

Stel  $A^2 \operatorname{tg} h_m = B$ , dan ontstaat de *circummeridiaanformule*:

$$dh = A \cdot m - B \cdot n \quad (BC)$$

In de berekening van  $A$  gebruikt men voor  $\varphi$  een benaderde breedte, de waarden  $m$  ( $\log m$ ) en  $n$  ( $\log n$ ) zijn in tabellen te vinden met het argument  $t$  (zie Hydrografische Tafels 1950; uitgave van het Ministerie van Marine).

Voor de onderste culminatie kan men op analoge wijze afleiden:

$$dh = -A \cdot m + B \cdot n \quad (OC)$$

De hoogte in de meridiaan ( $h_m$ ) vindt men dan uit:  $h_m = h_g + dh$ .

De uurhoek ( $t$ ), het argument voor de  $m$ - en  $n$ -tafels vindt men uit het verschil in aanwijzing van de tijdmetr:

$U$  bij het meten van de hoogte en

$U_m$  berekend voor het tijdstip van culminatie.

Dan is  $t = U - U_m \begin{cases} \text{bij sterren op een sterretijdmeter gemeten.} \\ \text{bij de zon op een middelbare tijdmeter gemeten.} \end{cases}$

Gebruikt men bij het observeren van stershoogten een middelbare tijdmeter en herleidt men de waarden van  $t$  niet direct tot sterretijd, dan moet bij de berekening van  $dh$  de waarde  $A$  nog vermenigvuldigd worden met een bedrag 1,002738<sup>2</sup> ( $\log \text{factor} = 0,002375$ ). Nadat de hoogte in de meridiaan ( $h_m$ ) berekend is, vindt men de breedte uiteindelijk:

$$(BC): \varphi = \delta + h_m - 90^\circ, \text{ en bij } (OC): \varphi = h_m - \delta + 90^\circ$$

Het verdient aanbeveling de hoogtemetingen te verrichten in het tijdinterval  $t: -20^m$  tot  $t: +20^m$ , omdat buiten deze grenzen de benaderingen welke bij het opzetten van de circummeridiaanformule ingevoerd werden, niet meer geaccepteerd kunnen worden. In deze periode verdeelt men de waarnemingen zo symmetrisch mogelijk aan weerszijden van de culminatie. In een rustig tempo kan men gemakkelijk 6 hoogten vóór en 6 hoogten na de culminatie meten, zodat men in totaal in de serie 12 waarnemingen heeft, waaruit het gemiddelde bepaald kan worden en de middelbare fout vastgesteld kan worden. Heeft men van een  $N_d$ -ster een volledige serie gemeten, dan zal men met zo gering mogelijk tijdinterval een serie meten van de  $S_d$ -ster, die tot het sterrenpaar behoort en waarvan de culminatiehoogte ongeveer gelijk moet zijn aan die van de  $N_d$ -ster.

De *circummeridiaanbreedtebepaling* door hoogtemeting van de *zon* geeft enige complicaties. Reeds eerder zijn de richtmoeilijkheden op het zonsbeeld behandeld; het gebruik van het voorzetprisma „Roelofs” heft deze bezwaren voor een groot gedeelte op. Een andere moeilijkheid is dat de waarden van declinatie ( $\delta$ ) en tijdvereffening ( $E$ ) gedurende de waarnemingsserie niet constant zijn. De waarde van  $\delta$

kan zelfs vrij sterk veranderen. Hierdoor bereikt de zon de grootste hoogte niet in de meridiaan, doch er even vóór of er even ná afhankelijk van het teken van  $\Delta\delta$ . Op het moment van culminatie heeft de uurhoek van de zon dan een geringe waarde  $v$ , welke met de volgende formule te berekenen is:

$$v \text{ (in tijdsecunden)} = \pm 0,01061 \frac{\Delta\delta}{A} \text{ (+ bij zon in het S., — bij zon in het N.)}$$

Hierin stelt  $\Delta\delta$  voor de declinatieverandering (in secunden) van de zon per 24 u, welke in de Nautical Almanac op te zoeken is, en  $A = i \frac{\cos \varphi_0 \cos \delta}{\cos h_{c.o.}}$ , waarin

$i = 1,000000$  ( $\log i = 0,000000$ ) bij gebruik van een middelbare tijdmeteter;

$i = 0,994546$  ( $\log i = 9,997625$ ) bij gebruik van een sterretijdmeteter;

$\varphi_0$  = de benaderde breedte;

$\delta$  = zonsdeclinatie bij meridiaansdoorgang (uit Nautical Almanac);

$h_{c.o.}$  = benaderde hoogte bij culminatie uit grootste gemeten hoogte met toepassing van refractie en van de correctie voor de  $\frac{1}{2}$  middellijn van de zon ( $\frac{1}{2} d$  uit Nautical Almanac) of van de prismacorrectie bij gebruik van voorzetprisma „Roelofs”.

Men berekent op de normale wijze GMT op het moment van meridiaansdoorgang uit: LAT (= 12-00-00,0)  $\pm \lambda$  (in tijd) — E (tijdvereffening). Hierop toegepast de waarde  $v$ , geeft de GMT van culminatie ten opzichte waarvan de uurhoek  $t$  op het moment van hoogtemeting dan te bepalen is.

Met deze waarde van  $t$  als argument zoekt men dan  $m$  en  $n$  op en berekent met de circummeridiaanformule de hoogte bij culminatie ( $h_c$ ). Voorts zoekt men in de Nautical Almanac voor het moment van culminatie de declinatie ( $\delta_c$ ) op (bij het interpoleren 1e en 2e verschil toepassen!). Om de geografische breedte te berekenen past men vervolgens de formules toe, die bij fig. 4.34 zijn opgenomen.

Uitgewerkte voorbeelden van circummeridiaanbreedtebepalingen door meting van sters- en zonshoogten vindt men in de Hydrografische Becijferingen 1950 (uitgave Ministerie van Marine; niet in de handel).

Bij gebruik van een Wild T2 theodoliet is het voor geoefende waarnemers onder normale omstandigheden mogelijk een resultaat in de breedtebepaling te verkrijgen met een middelbare fout van:

$\pm 1''$  bij sterswaarnemingen (1 sterrenpaar, Nd- en Sd-ster elk 12 hoogtemetingen);

$\pm 1'',5$  bij zonswaarnemingen (1 serie met voorzetprisma „Roelofs”, 8 metingen vóór en 8 metingen ná de culminatie);

$\pm 3''$  bij zonswaarnemingen (1 serie met rood- of groenfilter op het kijkeroculair, 8 metingen vóór en 8 metingen ná de culminatie).

Thans volgen nog enige *algemene aanwijzingen* voor de circummeridiaanbreedtebepaling.

Voor *sterswaarnemingen* is het volgende *instrumentarium* nodig:

1. Theodoliet met statief.
2. Complete nachtverlichting theodoliet (reservelampjes en batterij).
3. Lederen tasje met oculair-prisma's voor kijker en afleesinrichting (voor het meten van grote hoogten).

#### § 4.1.9

4. 1 of 2 observatiehorloges of tijdmeters.
5. Aneroïdebarometer geijkt met scheepskwikbarometer.
6. Slingerthermometer.
7. Stophorloge.
8. Zak- of polshorloge.
9. Waterdichte map met meetboekje, meetprogramma, sterrenkaart, kladpapier en potloden.
10. Enige elektrische zaklantaarns met verse batterijen.
11. Accu met verlichting voor de assistent (opschrijver).
12. Tafeltje met krukje voor idem.
13. Tent c.q. presenning voor idem.
14. Muskietengaas en insect-repellent.

Voor *zonswaarnemingen* : van bovengenoemde artikelen nos. 1, 3 t/m 9, 12 en 14; bovendien het voorzetprisma „Roelofs” c.q. het rood- of groenfilter voor het kijker-oculair. De culminatiehoogte van de in het programma opgenomen sterren (c.q. zon) mag niet kleiner dan  $15^\circ$  zijn i. v. m. de onzekerheid in refractie op kleinere hoogten. De culminatiehoogten van beide tot één paar behorende sterren mogen niet meer dan  $5^\circ$  uiteenliggen.

Voor het gemakkelijk identificeren van de te observeren sterren oriënteert men de horizontale rand van de theodoliet op een bekende richting en verstelt de rand zodanig dat de aflezing  $0^\circ/180^\circ$  verkregen wordt met de kijkeras in de Nd- of Sd-meridiaan.

De indexfout van de verticale alhidade moet van te voren zo klein mogelijk gemaakt zijn. *Na elke meting het niveau van de verticale alhidade eerst laten inspelen alvorens men de verticale rand afleest.*

Vóór en na elke serie moeten temperatuur lucht en barometerstand zo nauwkeurig mogelijk bepaald worden.

Men moet in een rustig en regelmatig tempo de metingen in een serie verrichten; wanneer men de eerste meting  $\pm 15$  minuten vóór de culminatie aanvangt, heeft men alle tijd om 6 hoogten vóór en 6 hoogten na de culminatie te meten.

Het stoppen op de tijdmeteter kan eenvoudig op de roep „Opgepast — Stop” van de waarnemer gebeuren, waarbij de assistent op „Stop” de stand van de tijdmeteter op  $0^s,1$  afleest.

De metingen vóór de culminatie verricht men in de ene kijkerstand, de metingen na de culminatie in de andere stand; ongeveer op het culminatiemoment slaat men de kijker dus door en meet men de 2e helft van de serie in deze kijkerstand. Met de doorgeslagen kijker begint men dan weer de serie van de andere ster van het paar; na de culminatie wordt de kijker weer doorgeslagen voor de 2e helft van de 2e serie van het sterrenpaar.

Ook bij de zonswaarnemingen observeert men de eerste helft van de serie in de ene kijkerstand en na de culminatie de tweede helft in de andere kijkerstand.

#### 4.1.10 Lengtebepaling

De astronomische lengte is het in hoekmaat uitgedrukte tijdsverschil tussen de meridiaan van Greenwich en die van de waarnemer. De Greenwichtijd op het moment

van waarneming wordt bepaald m. b. v. een tijdmeter en bij een beschouwing van de parallactische driehoek (fig. 4.26) blijkt, dat voor het vaststellen van de locale tijd (het astronomische gedeelte van de lengtebepaling) de waarde van de hoek  $t$  (eveneens voor het tijdstip van waarneming) bepaald moet worden. Hiertoe moeten drie elementen van de driehoek bekend zijn, zodat b.v. gegeven moeten zijn de waarden  $90^\circ - \varphi$ ,  $90^\circ - \delta$ ,  $90^\circ - h$  (of het azimuth  $a$ ). Afhankelijk van de keuze tussen  $a$  of  $90^\circ - h$  kan men de tijdsbepaling op twee verschillende wijzen uitvoeren:

- a. de tijdsbepaling door het meten van  $t$ , wanneer een ster door de *meridiaan* gaat ( $a = 0^\circ$  of  $180^\circ$ );
- b. de tijdsbepaling door het meten van *stershoogten* bij een bepaalde tijdmeter-aanwijzing.

De methode sub  $a$  komt in principe op het volgende neer. Men stelt de vizierlijn van het waarnemingsinstrument zo zuiver mogelijk in het meridiaanvlak. De vizierlijn dient loodrecht op de 2e as te staan, terwijl de eerste as verticaal moet staan. De 2e as ligt dan zuiver in het E-W vlak en wanneer men de kijker nu op en neer beweegt beschrijft de vizierlijn het meridiaanvlak. Hierdoor worden reeds de diverse foutenbronnen bij deze lengtebepaling aangegeven:

1. het azimuth van het vlak beschreven door de vizierlijn is niet precies  $0^\circ$  of  $180^\circ$ ;
2. de helling van de 2e as is niet zuiver 0;
3. de collimatiefout (vizierlijn niet loodrecht op de 2e as).

Wanneer genoemde fouten tot een minimum zijn teruggebracht is de tijdsbepaling teruggebracht tot een eenvoudige bepaling van het moment van passeren van een ster door de verticale draad van de kijker. Op dit moment is nl.  $t = 0$  en  $LST = \alpha$  (R.K. van de ster). Uit standbepalingen met behulp van rhythmische tijdsinzen kent men de aanwijzing op de tijdmeter voor GST en aangezien  $\lambda = GST - LST$  is hiermede de lengte bepaald. Dit is de klassieke manier van lengtebepaling, die ook bij de Hydrografische Dienst toegepast werd. Hiertoe waren verstrekt een universaalinstrument of een doorgangsinstrument, waarbij de genoemde foutenbronnen zoveel mogelijk geëlimineerd werden. Het meetkruis van deze instrumenten bestaat uit verschillende verticale lijnen op onderling gelijke afstanden. Elke coincidentie met zo'n lijn werd op een chronograaf geregistreerd. Genoemde instrumenten worden evenwel aan boord van Hr. Ms. opnemingsvaartuigen niet meer verstrekt. De simultane lengte- en breedtebepaling met behulp van de Wild theodoliet T2 in combinatie met een astrolabiumuitrusting geeft voor hydrografische doeleinden voldoende nauwkeurig een lengte. Wenst men alleen een lengte te bepalen, b.v. in combinatie met een azimuthbepaling op een punt, waarvan lengte en breedte nauwkeurig bekend zijn, dan kan men volstaan met een tijdsbepaling volgens de methode sub  $b$ . Derhalve zal alleen deze methode, welke eenvoudig met een theodoliet in combinatie met een tijdmeter en chronograaf uitgevoerd kan worden, hier behandeld worden.

De *tijdsbepaling uit stershoogtemeting* komt neer op het berekenen van het element  $t$  in de parallactische driehoek (fig. 4.26) uit de formule:

$$\cos t = \frac{\sin h - \sin \varphi \sin \delta}{\cos \varphi \cos \delta}$$

Voor sterswaarnemingen zijn de termen  $\sin \varphi \sin \delta$  en  $\cos \varphi \cos \delta$  practisch constant, hetgeen de berekening zeer vereenvoudigt.

De vraag is nu welke sterren voor de waarnemingen in aanmerking komen en op welk oogenblik het gunstigst geobserveerd kan worden. Daartoe dient men de diverse foutenbronnen nader te beschouwen. Men onderscheidt:

1. de *systematische fouten*. Hiertoe behoren de fout in hoogte en de fout in de aangenomen breedte. Voor het onderzoek naar de invloed van beide fouten differentiëren we eerder vermelde formule:

$$dt = \frac{-1}{\cos \varphi \sin a} dh + \frac{1}{\cos \varphi \operatorname{tg} a} d\varphi$$

dh is minimaal als  $\sin a = 1$ , dus als  $a = 90^\circ/270^\circ$ .

De breedtefout is dan tevens minimaal want  $\operatorname{tg} 90^\circ/270^\circ = \infty$ , vooropgesteld dat  $d\varphi$  niet te groot is. De fout dh wordt *niet* nul door het element  $\cos \varphi$ . Deze fout is dan te elimineren door 1 ster met een azimuth =  $90^\circ$  en een andere ster met  $a = 270^\circ$  te observeren, want:

$$\text{bij } a = 90^\circ : dt = \frac{-1}{\cos \varphi} dh \text{ en}$$

$$\text{bij } a = 270^\circ : dt = \frac{+1}{\cos \varphi} dh$$

Indien dus de waarden dh voor beide sterren gelijk zijn, vallen de fouten in de bepaling van t tegen elkaar weg. De fout dh ontstaat door een indexfout van de verticale alhidade of door onzekerheid in de bepaling van de refractie, die een functie is van de gemeten hoogte. Het is dus tevens zaak de West- en de Oostster van elk sterrenpaar op ongeveer gelijke hoogte te meten;

2. de *toevallige fouten*. Hieronder vallen de volgende fouten:

- a. de richtfout bij het meten van de hoogte (m);
- b. de fout in de tijdmeteraflezing ( $m_u$ );
- c. de fout in de tijdmeteraanwijzing zelf ( $m_a$ );
- d. de fout in de aflezing van de verticale rand ( $m_v$ ).

De fouten sub a en d geven een fout in hoogte, welke een middelbare fout in de uurhoek (t) geeft van:

$$m^2_t = \frac{1}{\cos^2 \varphi \sin^2 a} (m^2_h + m^2_v)$$

Men gaat nu na op welke wijze de uurhoek (t) bij de lengtebepaling gebruikt wordt:

$$\begin{aligned} \text{GST} &= U + \Delta U & (U = \text{aanwijzing tijdmetr,} \\ \text{LST} &= \alpha + t & \Delta U = \text{stand tijdmetr}) \end{aligned}$$

$$\text{GST} - \text{LST} = \lambda = U + \Delta U - \alpha - t$$

Hierop toegepast de regel der foutenvoortplanting:

$$\begin{aligned} m^2_\lambda &= m^2_u + m^2_a + m^2_{\Delta u} + m^2_t \\ &= m^2_u + m^2_a + m^2_{\Delta u} + \frac{1}{\cos^2 \varphi \sin^2 a} (m^2_h + m^2_v) \end{aligned}$$

Ook t. a. v. de toevallige fouten is het dus gewenst om tijdsbepalingen in de eerste verticaal te verrichten. De optredende systematische en toevallige fouten impliceren:

*Voor de tijdsbepaling uit gemeten stershoogten neme men minstens 1 sterrenpaar, waarvan de sterren in de 1e verticaal komen met een azimuthverschil van 180°, terwijl de hoogten in die verticaal gelijk of nagenoeg gelijk zijn.*

De volgende werkwijze wordt aanbevolen: Van elke ster in een paar meet men 6 hoogten vóór en 6 hoogten na het bereiken van de 1e verticaal. Men heeft dan 12 waarnemingen van de Oostster en 12 waarnemingen van de Westster. Soms wordt wel aanbevolen alle gemeten hoogten en de hierbij behorende tijdmeteraanwijzingen te middelen in een serie. Men berekent dan een uurhoek uit een gemiddelde hoogte en een hierbij behorende gemiddelde tijdmeteraanwijzing. Tussen het tijdsverloop en de verandering in hoogte bestaat evenwel geen lineair verband, zodat in feite aan een gemiddelde hoogte geen gemiddelde tijdmeteraanwijzing toegevoegd kan worden, zonder een correctie in rekening te brengen. Dit bezwaar is dus niet onoverkomelijk, doch een groot nadeel van deze methode is, dat men geen inzicht krijgt in de nauwkeurigheid van de metingen, indien men elke hoogtemeting niet afzonderlijk uitrekent. Het is dan ook niet mogelijk de middelbare fout in de einduitkomst te berekenen. Men bedenke steeds: *een resultaat van een waarneming zonder een inzicht in de middelbare fout is waardeloos.*

Bij het opmaken van een stersprogramma stelt men eerst vast tussen welke tijdstippen men de waarnemingen wenst te verrichten. Verder bepaalt men de maximum en minimum hoogten, waarop de sterren in de eerste verticaal gemeten zullen worden. In elk geval dient men geen geringere hoogte dan 15° te meten; dit in verband met de onzekerheid in de refractie bij het waarnemen van sterren op lage hoogten. Bij voorkeur stelt men de hoogtegrenzen op 25° tot 70°.

Men zet de tijdstippen van begin en einde der waarnemingsperiode om in LST. Met behulp van de formule  $\sin \delta = \sin h \sin \varphi$  bepaalt men bij de aangenomen hoogtegrenzen de maximum en minimum waarde van de declinatie der sterren, die voor observatie in aanmerking komen. Nog eenvoudiger is hiervoor het nomogram van Tafel XXIIa uit de Hydrografische Tafels 1950 (uitgave Ministerie van Marine) te gebruiken. Met deze vastgestelde declinatiegrenzen bepaalt men thans met de formule:  $\cos t = \operatorname{tg} \delta \cotg \varphi$  de uurhoekgrenzen van de te observeren sterren. Gebruik van het nomogram in Tafel XXIIb uit de Hydrografische Tafels 1950 geeft een grote vereenvoudiging. Men bepaalt de grenzen voor sterren Oost van de meridiaan (Ooststerren) en West van de meridiaan (Weststerren). Met de reeds bepaalde LST-grenzen kan men nu voor de Oost- en Weststerren de maximum- en minimumwaarden van de rechte klimmingen der te observeren sterren bepalen uit:  $\alpha = \text{LST} - t$ .

In de almanak zoekt men thans met eerderevermelde gegevens sterren uit, die men onderbrengt op twee afzonderlijke lijsten, nl. één voor Oost- en één voor Weststerren. Hierbij neemt men alleen sterren, die een magnitude hebben met een maximum getalwaarde van 3,5, wanneer men althans met een Wild T2 theodoliet observeert met een schone en heldere kijker. Op beide lijsten vult men de gegevens in van de diverse sterren, die voor waarneming in aanmerking komen onder de volgende rubrieken: Naam ster, grootte (magnitude), declinatie (N of S), rechte klimming, uurhoek, en LST. Men laat een kolom „sterrenpaar” voorlopig open. Thans ver-



gelijkt men de lijst van Ooststerren met die van de Weststerren en zoekt sterrenparen uit van één Oost- en één Westster, die ongeveer gelijke declinatie hebben (in elk geval niet meer dan  $5^\circ$  met elkaar verschillen). Verder dient men i. v. m. de tijdsduur van de observatie van 1 ster er acht op te geven dat de LST-waarden van de te observeren sterren niet minder dan 30 minuten uit elkaar liggen. Een te groot verschil in LST dient eveneens vermeden te worden; bij voorkeur mogen de observaties van beide sterren van één paar niet meer dan 60 minuten uit elkaar liggen. In de kolom „sterrenpaar” van beide lijsten geeft men de bij elkaar behorende sterren aan met een hoofdletter, b.v. A, B, enz. Het is voldoende een viertal sterrenparen uit te zoeken; twee paren gebruikt men voor de waarnemingen, de overige paren dienen als reserve. Men maakt nu een nieuwe lijst op, waarop in chronologische volgorde van passeren van de eerste verticaal de uitgezochte sterren vermeld worden met de volgende gegevens: Oost-/Westster, naam ster, magnitude, LST, tijdmeteraanwijzing, hoogte in de verticaal (h), hoogte 15 minuten voor het bereiken van de verticaal ( $h_{-15m}$ ) en azimuth 15 minuten voor het bereiken van de verticaal ( $a_{-15m}$ ). De waarde h wordt wederom berekend uit  $\sin h = \sin \delta \operatorname{cosec} \varphi$  of met het nomogram bepaald. Hoogte en azimuth 15 minuten vóór het bereiken van de eerste verticaal berekent men uit:

$$\Delta h = h - h_{-15m} = \pm 15' \cos \varphi \cdot 15 = \pm 225' \cos \varphi \text{ (Oost +, West -)}$$

$$\Delta a = a - a_{-15m} = 90^\circ/270^\circ - a_{-15m} = 90^\circ/270^\circ \pm 225' \sin \varphi \text{ (Oost +, West -)}$$

Berekening van deze waarden vergemakkelijkt het instellen op sterren, die moeilijk te identificeren zijn.

Ook bij deze waarnemingen stelt men de theodoliet bij voorkeur nog bij daglicht op en oriënteert men de horizontale randverdeling op een bekende richting in het terrein, zodanig, dat bij de aflezing  $= 0/180^\circ$ , de kijkeras het meridiaanvlak beschrijft. Het gezichtsveld in Oost- en Westrichting moet zo goed mogelijk vrij zijn. De indexfout van de verticale alhidade dient zo klein mogelijk te zijn; *na elke meting en vóór de aflezing moet men het niveau van de verticale alhidade zo nauwkeurig mogelijk laten inspelen*. De verlichting van het meetkruis dient in verband met de helderheid van de ster zo gunstig mogelijk geregeld te worden; een te sterke verlichting maakt het observeren van lichtzwakke sterren zeer moeilijk. Het schema voor het observeren van 1 sterrenpaar ziet er b.v. als volgt uit:

*Oostster:* Kijkerstand RR: 6—8 hoogten vóór 1e verticaal

Kijkerstand RL: 6—8 hoogten na 1e verticaal

*Westster:* Kijkerstand RL: 6—8 hoogten vóór 1e verticaal

Kijkerstand RR: 6—8 hoogten na 1e verticaal

De waarnemingen vóór en na het passeren van de 1e verticaal moeten wat tijdstip van observatie betreft, zo symmetrisch mogelijk liggen. De intervallen tussen de metingen van de stershoogten in een serie moeten ongeveer gelijk zijn. *De tijdmeting dient op een chronograaf te geschieden.*

Vóór het vertrek naar de waarnemingsplaats controleert men of de volgende uitrusting aanwezig is en dat een en ander zich in goede staat bevindt:

1. Theodoliet met statief.
2. Nachtverlichting theodoliet compleet (verse batterij, reserve lampjes).

3. Lederen tasje met prisma's voor kijker- en afleesoculair.
4. 1 of 2 tijdmeters met aansluiting op chronograaf.
5. Chronograaf compleet (aansluitingen, contactsleutel, batterijen, registratie-papier).
6. Aneroidebarometer (aan boord met scheepskwikbarometer geijkt).
7. Slingerthermometer.
8. Stophorloge.
9. Zak- of polshorloge.
10. Waterdichte map met meetboekje, meetprogramma, sterrenkaart, kladpapier en potloden.
11. Enige elektrische zaklantaarns met verse batterijen.
12. Accu met verlichting voor opschrijver.
13. Tafeltje met krukje voor idem.
14. Tent c.q. presenning voor idem.
15. Muskietengaas en insect-repellent.
16. Draagbare radio-ontvanger met batterijen, antennemateriaal compleet.

De tijdmeting-installatie is reeds één of twee dagen van te voren op de waarnemingsplaats opgesteld. D. m. v. tijdseinen moet nagegaan worden of in de gang na het transport geen verandering is gekomen. Zo kort mogelijk vóór en na de waarnemingen dient in elk geval met behulp van coincidentietijdseinen de stand zo nauwkeurig mogelijk bepaald te worden.

Door een geoefend waarnemer kan bij gebruik van een chronograaf voor de tijdmeting en onder normale omstandigheden de middelbare fout in het eindresultaat beneden 1" gehouden worden.

#### 4.1.11 Nauwkeurigheid van de astronomische plaatsbepaling

In het algemeen kan met de aan boord aanwezige hulpmiddelen de astronomische lengte en breedte bepaald worden met een nauwkeurigheid in het eindresultaat waarbij de middelbare fout van het gemiddelde een waarde van 1" niet overschrijdt. Vooropgesteld is dan dat alle voorbereidingen met zorg genomen zijn, dat het instrumentarium in goede staat verkeert en dat alle foutenbronnen, die kunnen optreden, zo klein mogelijk gemaakt zijn. Een studie van deze fouten wordt de aanstaande waarnemer ernstig in overweging gegeven. Een zeer duidelijke verhandeling over de diverse foutenbronnen vindt men in het werk van Prof. R. Roelofs: „Astronomy applied to Land Surveying", uitgegeven voor de N.V. Wed. J. Ahrend en Zoon te Amsterdam. Bij de behandeling van de verschillende plaatsbepalingsmethoden in de voorafgaande paragrafen is zoveel mogelijk de hand gehouden aan de notaties in genoemd boekwerk, zodat de bestudering hiervan vergemakkelijkt wordt.

De vermelding van genoemde middelbare fout heeft alleen betrekking op de *astronomische coördinaten*; zij wordt ook wel aangeduid als de *inwendige nauwkeurigheid* van het eindresultaat van de waarnemingen. In par. 4.1.2 is reeds aangegeven, dat de astronomische coördinaten tengevolge van schietloodafwijking tot aanzienlijk grotere bedragen dan de middelbare fout kunnen afwijken van de uiteindelijk gezochte geografische coördinaten.

Hoewel op sommige plaatsen de schietloodafwijkingen bekend zijn, is dit net nog veel te wijd om interpolatie toe te laten, terwijl dergelijke schietloodafwijkingen slechts gelden t. o. v. een aangenomen ellipsoïde, welke bovendien niet georiënteerd is t. o. v. de aardse poolas, zodat ook dan nog geen „absolute” geografische coördinaten gevonden kunnen worden, geldende in het universele z.g. „World Geodetic System”.

Voor al in de nabijheid van grote bergmassa's of van diepe zeeën is het niet verantwoord astronomisch bepaalde punten te gebruiken om een triangulatie te corrigeren. Wel kan men zeer grove fouten in deze triangulatie hiermede aantonen, hetgeen dan kan leiden tot een herberekening van de gehele triangulatie of tot het nameten van zwakke gedeelten hiervan. De astronomische plaatsbepaling dient in de eerste plaats voor het bepalen van de voor het *uitgangspunt* van een triangulatie aan te nemen geografische coördinaten, wanneer men in het geheel niet over een punt beschikt, dat op nauwkeuriger wijze vastgelegd is. In de tweede plaats kan een astronomisch bepaald punt dienen om na een triangulatie over een uitgestrekt gebied (b.v. 200 km van het uitgangspunt af) deze triangulatie te controleren. De opnemer kan dan *advies* geven in hoeverre en op welke wijze dit punt in de triangulatie ingepast dient te worden of hoe de triangulatie naar aanleiding van deze plaatsbepaling gecorrigeerd dient te worden, doch de uiteindelijke beslissing ligt bij het Bureau Hydrografie. Hier beschikt men toch over alle gegevens van vroegere en eventuele omliggende inpassingen, netwijzigingen e. d. Voor een beoordeling en een beslissing op het Bureau Hydrografie zijn ook nodig de gegevens, welke de opnemer omtrent zijn eigen werk dient te verstrekken, als: nauwkeurigheid van de basismeting, van de astronomische plaatsbepaling met de eigenschappen van het terrein waar de observaties plaats hadden, enz. Aan de hand van deze gegevens kan aan ieder onderdeel een waardecijfer worden gegeven en kunnen tegenstrijdigheden tegen elkaar worden afgewogen.

Om enigszins een idee te krijgen in hoeverre de plaatsbepaling door invloed van de schietloodafwijking aangedaan kan zijn, kan de opnemer op de volgende wijze een *schatting* maken van deze afwijkingen. Stel dat men op een afstand  $d$  (in km) van het zwaartepunt van een bergmassa, welke een inhoud van  $I$  km<sup>3</sup> heeft, observeert. Het soortelijk gewicht van deze massa is  $s$ . De afwijking ( $\theta$ ) tussen de loodlijn op de ellipsoïde en het schietlood berekent men dan uit

$$\theta = \frac{1'',3}{d^2} \frac{Is}{s} \quad (\theta \text{ in boogseconden})$$

*Voorbeelden:*

- a. (Fig. 4.36.) Men observeert in een punt P in de nabijheid van een bergtop.

Hoogte berg ( $h$ ) = 2 km; straal van de voet ( $r$ ) = 4 km.

Afstand P tot zwaartepunt berg ( $d$ ) = 8 km.

Soortelijk gewicht bergmassa( $s$ ) = 2,7.

De inhoud ( $I$ ) van de bergmassa:  $I = \frac{4}{3}\pi r^2 h = 33,5 \text{ km}^3$ .

De totale schietloodafwijking is dan =  $\frac{1'',3}{64} \frac{33,5 \cdot 2,7}{s} = 1'',9$ .

De correcties op de geografische coördinaten en op het azimuth bedragen:

$$\Delta \varphi = + 1'',9 \cos a \quad (a = \text{azimuth})$$

$$\Delta \lambda = + 1'',9 \sin a \sec \varphi$$

$$\Delta a = + 1'',9 \sin a \operatorname{tg} \varphi$$

In de nabijheid van de equator is de waarde van  $\operatorname{tg} \varphi$  klein, zodat hier de afwijking in azimuth te verwaarlozen is.

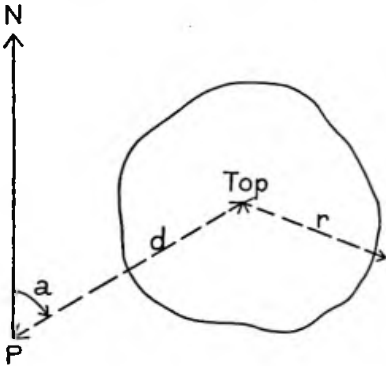


Fig. 4.36

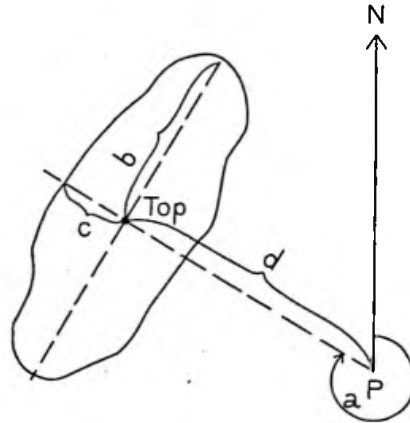
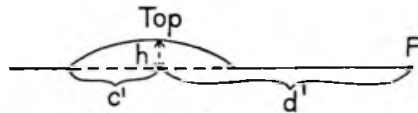
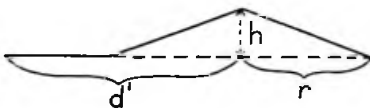


Fig. 4.37



- b. (Fig. 4.37.) Men observeert in een punt P in de nabijheid van een bergrug.

$h = 2$  km; lengte rug ( $2b$ ) = 16 km; breedte rug ( $2c$ ) = 4 km.

Afstand P tot zwaartepunt rug ( $d$ ) = 6 km; s.g. grondsoort ( $s$ ) = 2,8.

Inhoud van de bergrug:  $I = \frac{2}{3}\pi b \cdot c \cdot h = 67 \text{ km}^3$ .

$$\text{Totale schietloodafwijking} = \frac{1'',3 \cdot 67 \cdot 2,8}{36} = 6'',8.$$

$$\Delta \varphi = + 6'',8 \cos a; \quad \Delta \lambda = + 6'',8 \sin a \sec \varphi; \quad \Delta a = + 6'',8 \sin a \operatorname{tg} \varphi.$$

Voor het maken van bovengenoemde schattingen is het noodzakelijk dat men b.v. uit topografische kaarten voorzien van hoogtelijnen een globaal inzicht van de massaverdeling in de nabijheid van de observatieplaats kan verkrijgen.

In bovenstaande voorbeelden is uitsluitend rekening gehouden met de zichtbare bergmassa's en is de invloed van de topografie van de zeebodem buiten beschouwing gelaten. Men moet daarvoor soortgelijke correcties toepassen; aangezien dit niet behoort tot de normaliter aan boord van een opnemingsvaartuig uit te voeren berekeningen wordt hiervoor verwezen naar „The figure of the earth and isostasy

from measurements in the United States" by J. F. Hayford; Coast and Geodetic Survey, Washington D.C., 1909 en het supplement daarop van 1910.

*Literatuur :*

„Astronomy applied to Land Surveying", Prof R. Roelofs (uitg. N. V. Wed J. Ahrend & Zoon, Amsterdam).

„Admiralty Manual of Hydrographic Surveying" (uitg. Hydrographic Department, Admiralty, London).

## 4.2 Meetpunten van andere diensten

In de inleiding van dit hoofdstuk is reeds aangegeven dat men voor de geografische vastlegging van een opneming ook van andere dan astronomisch vastgelegde punten gebruik kan maken. Door vele diensten, b.v. de Topografische Dienst hier te lande en overzee, Rijkswaterstaat, Kadaster, meetkundige diensten van oliemaatschappijen, mijnbouwondernemingen e. d. zijn dikwijls nauwkeurige plaatsbepalingen en triangulaties verricht. De hierbij berekende punten kunnen zeer wel dienst doen als uitgangspunt of als contrôle van een hydrografische opneming. Meestal zijn deze punten in een ander coördinatenstelsel berekend, zoals in het polyederstelsel (Top. Dienst O. I. Archipel) of zijn de mercatorcoördinaten gegeven. Ook gebruikt men wel plaatselijke coördinatenstelsels (NNGPM op Nieuw-Guinee). Herleiding in het bij de Hydrografische Dienst gebruikte coördinatenstelsel dient dan eerst plaats te hebben. Voor de herleiding van polyeder- en mercatorcoördinaten tot geografische vindt men in de Hydrografische Tafels 1950 (Uitg. Min. v. Marine) de nodige tabellen met de hierbij behorende toelichtingen.

De nodig geoordeelde punten zijn vrijwel altijd bij genoemde diensten op te vragen, die tevens inlichtingen verstrekken betreffende de plaats van het punt, de nauwkeurigheid waarmede de plaatsbepaling is geschied, het coördinatenstelsel, waarin de punten zijn berekend, enz. De meeste diensten onderscheiden de door hen bepaalde punten al naar gelang van de belangrijkheid en nauwkeurigheid in de triangulatie in primaire (P), secundaire (S), tertiaire (T) en quataire (Q) punten. De opnemer kan aan de hand van de door hem gestelde eis van nauwkeurigheid van het te gebruiken punt een keuze uit deze punten doen, waarbij hij zich laat leiden door de opgaven van betrokken diensten omtrent de nauwkeurigheid van de door hen bepaalde punten.

Aangezien het dikwijls moeilijk is een punt, dat tientallen jaren geleden bepaald is, weer op te sporen, vrage men zo mogelijk ook een schetskaartje van de omgeving van het betrokken punt op. Men late niet na eventuele wijzigingen op het kaartje aan te brengen, nadat men het punt opgespoord heeft. Een calque van de gewijzigde situatieschets wordt het Bureau Hydrografie en eventueel de betrokken dienst toegezonden.

Wanneer het Bureau Hydrografie over deze gegevens beschikt, worden de eventueel te gebruiken punten van andere diensten in de hydrografische instructie vermeld met opgave van de coördinaten en zo volledig mogelijk toegelicht. Ook in het geval dat het Bureau Hydrografie de punten verstrekt heeft, verdient het aanbeveling, zo men hiertoe in de gelegenheid is, de betrokken dienst ter plaatse te raadplegen. Het is toch zeer wel mogelijk dat men aldaar over meer uitgebreide en recente gegevens beschikt. In dit geval wordt zulks in het hydrografisch rapport

vermeld. Nadere gegevens betreffende de triangulatiepunten (P, S, T, Q) van de Topografische Dienst vindt men in de „Jaarverslagen” van deze dienst, welke tevens bijzonderheden vermelden omtrent astronomisch bepaalde punten (AS-punten), triangulaties, basismetingen, e. d.

Is de opnemer bij zijn eigen triangulatie uitgegaan van een punt van een bepaalde dienst, dan moet hij later bij een gevorderde triangulatie geen gelegenheid voorbij laten gaan aansluiting te zoeken bij andere punten van deze dienst.

*Contrôle op de juistheid van de verstrekte gegevens betreffende door het Bureau Hydrografie of andere diensten opgegeven punten, alvorens hiervan gebruik te maken, d.m.v. een astronomische peiling tussen twee of meer van deze punten, mag nimmer nagelaten worden.*

Wanneer slechts één punt van een andere dienst beschikbaar is en wanneer dit punt moet dienen als uitgangspunt van een op te zetten triangulatie, dan dient vanzelfsprekend hieraan een basismeting en een azimuthbepaling verbonden te worden.

### 4.3 Afpassing uit de kaart

Een andere methode om de opneming geografisch vast te leggen bestaat in het afpassen van de geografische lengte en breedte van één of meer punten uit een vroeger verschenen kaart. Bij opnemingen van kleinere omvang (detailopnemingen) of bij opnemingen, die t. z. t. in een andere opneming ingepast zullen worden, kan hiermede dikwijls volstaan worden.

Men kiest uit een duidelijke druk van een kaart één of meer punten, die goed kenbaar zijn, zodat twijfel uitgesloten is. Verder neemt men bij voorkeur punten, die naar alle waarschijnlijkheid weinig aan verandering onderhevig zijn, als rots-punten, droogvallende stenen, permanente landmerken, e. d.; dus b.v. geen landhoek van een alluviale grondsoort of een riviermond bij een modderachtige kust.

Heeft men meerdere exemplaren van de kaart aan boord, dan past men de punten van alle beschikbare kaarten af. De afbeeldingen op de grootst aanwezige schaal worden voor het afpassen gebruikt. Ook laat men het afpassen door meerdere officieren doen; vertonen er zich niet al te grote uitbijters, dan worden de resultaten gemiddeld. Aangepast wordt t. o. v. beide meridianen en parallellen ter weerszijden van het punt. Voor het opmeten van de aangepaste stukken gebruikt men de proportie-liniaal.

Op oudere zeekaarten van de Oost-Indische Archipel wordt als meridiaan van stelling de meridiaan van „Batavia Oud” ( $106^{\circ} 48' 37'',05$  E van Greenwich) nog gebruikt. Op de lengten van punten, die van dergelijke kaarten aangepast worden, moet een *negatieve* correctie van  $9'',26$  toegepast worden. Men dient er dus goed op te letten welke meridiaan van stelling gebruikt is voor de kaart, waarvan men punten afpast.

Ligt het in de bedoeling een voortgezette triangulatie uit te voeren, dan kiest men als punt van uitgang het meest geschikte punt, dat uit de kaart aangepast kan worden. Met een basismeting en een astronomische peiling vormt dit punt dan het uitgangspunt van de op te zetten triangulatie.

## V. BASIS

## 5.1 Gebruik van bestaande gegevens

Indien van een driehoeksnet alle driehoeken worden bepaald door hoekmeting, is hiermede de vorm van het driehoeksnet bekend. Door azimuth- en plaatsbepaling wordt de oriëntering van het driehoeksnet gevonden. Voor de kennis van de grootte van het net is nu nog nodig, dat de lengte van één der driehoeks zijden bekend is. Uit deze lengte volgen, door de hoekmeting, de lengten van alle andere driehoeks zijden van het net. De driehoeks zijde waarvan de lengte bekend wordt aangenomen, wordt de *basis* genoemd.

De lengte van de basis kan op 2 manieren worden gevonden: ten eerste door gebruik te maken van reeds bekende gegevens en ten tweede door het meten van de basis. Het is duidelijk dat bij gebruikmaking van reeds bestaande gegevens in wezen niets anders wordt gedaan dan terugvallen op de, voor het vaststellen van die gegevens, vroeger reeds gemeten basis.

Zo zal het bij een hydrografische triangulatie vaak voorkomen, dat aangesloten moet worden op een reeds eerder uitgevoerde hydrografische triangulatie. In dat geval zal meestal in de instructie voor de opneming vermeld staan welke punten voor de aansluiting gebruikt kunnen worden. Zijn 2 van deze punten op het terrein terug te vinden, dan kan uit hun geografische coördinaten de afstand tussen deze punten worden berekend. Indien deze punten onderling zichtbaar zijn of zichtbaar gemaakt kunnen worden en hun afstand niet te klein is, dan is hiermede de basis voor de nieuwe triangulatie bekend. De leider der opname zij er op voorbereid, dat de door hem gebruikte punten kunnen stammen uit een triangulatie, welke aan lagere nauwkeurigheidseisen voldeed, dan de eisen waaraan de nieuwe triangulatie moet voldoen. In dat geval zal niet te lang gewacht moeten worden met het meten van een contrôlebasis verderop in de nieuwe triangulatie. Alle punten van de oude triangulatie, welke nog op het terrein zijn terug te vinden, zullen door hem, indien enigszins mogelijk, ook in de nieuwe triangulatie worden opgenomen. Enerzijds wordt hierdoor het verband van de aansluiting verstevigd, anderzijds geeft hem dit een indruk van de nauwkeurigheid van de oude triangulatie.

Indien een hydrografische opneming moet worden verricht in een gebied, waarin aan de landzijde reeds door een landmeetkundige dienst is getrianguleerd, zal door de leider der opneming hiervan over het algemeen met vrucht gebruik gemaakt kunnen worden. Hiertoe stelt hij zich in verbinding met het hoofd van de betrokken dienst (Topografische Dienst, Rijksdriehoeksmeting, Waterstaat, Kadaster, Mijnwezen, B.P.M. enz.), teneinde gegevens van de voor zijn werk benodigde punten te verkrijgen. Hij zal hierbij niet nalaten om in gevallen van twijfel een grondig onderzoek in te stellen naar de nauwkeurigheid, waarmede deze punten zijn bepaald, teneinde zeker te zijn, dat deze tenminste overeenkomt met de eisen, dienaangaande door zijn instructie gesteld. Daar de meeste landmeetkundige instellingen werk van hoog gehalte verrichten, kan op deze manier vaak een nauwkeurig bekende basis worden gevonden voor de hydrografische opneming.

In alle andere gevallen zal het noodzakelijk zijn de lengte van de basis te meten, hetgeen, zoals in de volgende paragrafen zal blijken, op verschillende wijzen kan geschieden. Vaak wordt gezegd, dat de basismeting de schaal van de triangulatie bepaalt.

## 5.2 Schaal

Een zeekaart is een, door een bepaalde projectiemethode verkregen afbeelding van een gedeelte van het aardoppervlak, waarin de gegevens, benodigd voor een veilige navigatie zijn opgetekend. Deze afbeelding geschiedt op een bepaalde schaal, waaronder verstaan moet worden de verhouding van de lengte van een afgebeeld lijnstuk in de kaart tot de werkelijke lengte van dat lijnstuk op aarde. De schaal wordt aangegeven door een breuk welke deze verhouding aangeeft. De meest gebruikte schalen voor een hydrografische opneming zijn 1 : 25.000, 1 : 75.000 en 1 : 100.000, terwijl plankkaarten soms op een schaal 1 : 10.000 of 1 : 20.000 worden opgenomen. Indien op een andere dan de hier genoemde schalen moet worden opgenomen, zal de leider der opneming er naar streven een schaal te gebruiken, welke een eenvoudig veelvoud of deel is van de bovengenoemde. Dit zal de kaartering van de opname tot een zeekaart aanzienlijk vereenvoudigen.

In de meeste gevallen zal in de instructie voor de opname van een gebied bepaald zijn op welke schaal dit dient te geschieden. Nadat het constructieblad voor het gebied op deze schaal is getekend, kan worden begonnen met het afzetten van de door de triangulatie gevonden driehoekspunten. Deze driehoekspunten zijn door berekening uit de triangulatie gevonden, waarbij is uitgegaan van de foutloos veronderstelde basislengte. Door contrôlemetingen verderop in de triangulatie treden tegenspraken aan het licht, welke ook de oorspronkelijk aangenomen basislengte niet onaantast zullen laten. Hieruit volgen nieuwe coördinaten voor alle driehoekspunten. Het ligt voor de hand, dat een herconstructie van die punten onmogelijk is, aangezien dit een herconstructie van alle reeds uitgevoerde lodingwerk met zich mee zou brengen. Daarbij zullen de verschillen klein zijn en des te kleiner naarmate met meer zorg getrianguleerd is. Maar bovendien is hetzelfde effect te bereiken door voor het driehoeksnet een andere schaal vast te stellen en het stelsel van meridianen en parallellen op die nieuwe schaal te construeren. Vandaar dat gezegd kan worden, dat de basismeting de schaal van de triangulatie bepaalt.

Een voorbeeld zal dit verduidelijken. Er is een basislengte bepaald op B meter. Het stelsel van meridianen en parallellen en het driehoeksnet zijn op het constructieblad afgebeeld op een schaal 1 : S. Door contrôlemetingen blijkt, dat een waarde voor de basislengte van B + b meter waarschijnlijker is. De basis staat op het constructieblad echter reeds afgebeeld op een lengte van B : S meter. De schaal van de triangulatie moet nu worden veranderd tot 1 : (S + s), waarin S + s moet voldoen aan:  $S + s = \frac{B + b}{B} S$ .

Is dus de nieuwe waarde van de basislengte groter dan de oude, dan is de nieuwe schaal [1 : (S + s)] kleiner dan de oude schaal.

Het is dus zeer wel mogelijk, dat bij een over grote afstanden voortgezette triangulatie verschillende delen van het driehoeksnet op onderling verschillende schalen zijn afgebeeld.

## 5.3 Verschillende methoden van basismeting

Voor zover bekend werd de eerste basis in de moderne zin van het woord, gemeten door Willebrord Snellius in 1615 nabij Leiden. Het betrof hier de zijde Leiden-Soeterwoude ten behoeve van de graadmeting, welke door Snellius werd uitgevoerd. Hiertoe mat hij een kleine basis van 327,85 meter lengte, welke hij 2 maal



trigonometrisch vergrootte met behulp van 2 rhomben. De vergrotingsverhoudingen waren 1 : 3,8 : 12,6. De lengtemeting werd uitgevoerd met houten meetlatten, waarvan de uiteinden tegen elkaar aan werden gelegd en die horizontaal werden gehouden met een waterpas. Het hout werd gebruikt om de temperatuursinvloeden zo goed mogelijk te elimineren. Snellius heeft ons zijn gegevens nagelaten in zijn werk: „*Eratosthenes Batavus, de terrae ambitus vera quantitate, a Willebrordo Snellio, Lugduni-Batavorum, 1617*”.

Sindsdien zijn vele bases volgens het door Snellius ontwikkelde principe gemeten, waarbij de meetlatten een geleidelijke perfectionering ondergingen. Een nieuw principe van lengtemeting werd in 1791 door Ramsden gevonden. De in 1783 door de generaal William Roy gemeten basis van Hounslow Heath werd in 1791 overgemeten. Hiertoe construeerde Ramsden voor de Ordnance Survey een meetketting, waarvan het de bedoeling was, dat deze onder constante spanning zou worden opgehangen. De meetresultaten met deze ketting waren beter dan die, welke met glasstaven en meetlatten werden verkregen. Bijna een eeuw later, in 1884, diende Prof. Edmund Jaederin van de Polytechnische School te Stockholm bij de Zweedse Koninklijke Academie een verhandeling in over het nauwkeurig meten van afstanden met behulp van een metalen meetdraad, welke vrij opgehangen is in de beide uiteinden en aan een constante spanning onderworpen.

Teneinde de storende invloed van de wind zo gering mogelijk te houden, gaf Prof. Jaederin de voorkeur aan draden van geringe cirkelvormige doorsnede. Teneinde de temperatuur van de draad goed te bepalen, gebruikte hij 2 draden, van verschillend metaal, beide aan de buitenzijde vernikkeld en van gelijke buitendiameter. Hierdoor waren de uiterlijke omstandigheden voor beide draden gelijk en kon de temperatuur worden bepaald door het verschil in lengte van de draden uit de bekende uitzettingscoëfficiënten van de gebruikte metalen. Oorspronkelijk gebruikte Jaederin draden met een lengte van 25 meter, doch om vergelijk met de 4-meter meetstaaf te vereenvoudigen, ging hij later over op draden van 24 meter lengte.

De eerste metingen, welke door Jaederin volgens zijn meetmethode werden uitgevoerd, gaven onderlinge verschillen te zien en daarbij grote afwijkingen van reeds vroeger bereikte resultaten op dezelfde afstand. In 1885 toonde Jaederin aan, dat de draden, welke aan een constante spanning onderhevig waren, na verloop van tijd langer werden. Daarnaast bleken temperatuurswisselingen een systematische invloed te hebben op de metingen met de 2 draden. De uiterst belangrijke werkzaamheden van het „*Bureau International des Poids et Mesures*” onder leiding van J. R. Benoit en C. E. Guillaume behoedden de meetmethode van Prof. Jaederin voor de vergetelheid en wezen nieuwe wegen ter perfectionering daarvan.

Na lange jaren van proefnemingen met verschillende alliages vond Guillaume, voortbouwend op de reeds door zijn voorganger Benoit bereikte resultaten, in 1897 een staal-nikkel-alliage, dat hij „*Invar*” noemde, bestaande uit ongeveer 36% nikkel en 64% staal. Invar bleek in hoge mate ongevoelig voor temperatuurswisselingen te zijn, daar de uitzettingscoëfficiënt van de orde  $1.10^{-6}$  is.

De oorspronkelijke meetmethode van Jaederin werd hiermede nieuw leven ingeblazen. Het was nu niet meer nodig 2 draden van verschillend metaal te gebruiken om de temperatuur te bepalen, daar een fout in temperatuur van de draad van  $0,5^{\circ}\text{C}$  slechts een lengteverschil van de draad van  $12\mu$  op 24 m tengevolge had. Voor de temperatuurbepaling was in den vervolge slechts 1 thermometer voldoende. Na verschillende proefnemingen en verbeteringen, met medewerking van Carpentier,

werd een bruikbare meetinstallatie met invardraden ontworpen, welke de eerste maal bij de Zweeds-Russische expeditie naar Spitsbergen werd gebruikt. De uitkomsten van deze meetinstallatie waren dermate bevredigend, dat de meetmethode met opgehangen invardraden of -banden (Engels: invar wire or -tape in catenary) tot de algemeen gebruikte is gaan behoren.

Tot een der nieuwste methoden van basismeting is in 1923 door Prof. Y. Väisälä van de Universiteit van Turku in Finland de grondslag gelegd. Hij ontwierp een comparator waarmee zeer nauwkeurig afstanden gemeten konden worden met behulp van interferentie van wit licht. De grootste afstand die door Väisälä met zijn instrument werd gemeten, bedroeg 192 meter met een nauwkeurigheid van ongeveer  $10^{-7}$ . Verschillende onderzoekers hebben getracht het instrumentarium te verbeteren en de meetbare afstand op te voeren, welke laatste bij dit soort metingen in hoofdzaak wordt begrensd door atmosferische omstandigheden. In 1947 slaagde Tauno Honkasalo er in om met de Väisälä comparator de standaard basis van Nummela in Finland, ter lengte van 864 meter, te meten met een nauwkeurigheid van  $5 \cdot 10^{-8}$ . Een andere methode van basismeting met behulp van lichtinterferentie is gebruikt in de constructie van de geodimeter van Dr. Erik Bergstrand van de Universiteit van Uppsala in Zweden. Hier wordt de lichtinterferentie door een foto-electrische cel geregistreerd. Daarbij wordt niet de golflengte van het licht voor de interferentie gebruikt, doch wordt met behulp van een oscillator een lichtpuls opgewekt met een golflengte van ongeveer 36 meter voor de pulsen. De foto-electrische cel registreert nu de interferentie van de pulsen. Een nauwkeurigheid van  $10^{-7}$  is hierbij te verwachten. De basismetingen met behulp van interferentie van licht behoren tot de nauwkeurigste, welke op het ogenblik kunnen worden uitgevoerd.

Alle bovengenoemde wijzen van basismeting behoren tot de groep van *directe afstandmeting*, in tegenstelling met de *indirecte afstandmeting*, waarbij de lengte van de basis gevonden wordt door hoekmeting, uitgaande van een kleine, zeer nauwkeurig bekende afstand. Tot de laatste methoden behoren onder meer de basismeting met invarbasislat, tachymeter, tuighoogte en afstandmeter. Deze manier van basismeten kan in verband met de te verwachten nauwkeurigheden slechts worden gebruikt voor locale triangulaties of vluchtige opnamen (z.g. running surveys).

Verder moeten nog enige andere methoden van basismeting worden vermeld. De spandraadinrichting is een typisch voorbeeld van directe lengtemeting aangepast aan de hydrografische triangulatie. Hiermede is het mogelijk een basis op zee te meten tussen 2 drijfbakens. De nauwkeurigheid hiervan is noodgedwongen minder groot, maar daar deze wijze van meting beperkt zal blijven tot zeegebieden buiten zicht van land, kan een dergelijke achteruitgang in nauwkeurigheid vaak worden getolereerd.

De laatste groep basismetingen, welke hier wordt vermeld, is de electronische. Met behulp van Decca en andere electronische systemen is het mogelijk bases te meten met een grote mate van nauwkeurigheid (zie par. 12.11.2). Radar zal van nut kunnen blijken te zijn bij vluchtige opnamen (zie par. 5.5.9).

#### 5.4 Voorbereidende werkzaamheden bij een basismeting

Het is doorgaans onmogelijk om een gehele driehoekszijde door lengtemeting te bepalen. Een dergelijke lengtemeting zou bij driehoeken van enige afmetingen veel te veel tijd in beslag nemen. De practijk van de basismeting bestaat derhalve

daarin, dat een lijnstuk van enige duizenden meters wordt opgemeten, waarna de lengte van dit lijnstuk door een doelmatige vergrotingsmethode wordt overgebracht naar de driehoekszijde.

De vergroting van de gemeten basis tot de driehoekszijde geschiedt trigonometrisch. Het kleine driehoeksnet dat hiervoor wordt gebezigd, heet het „basisnet”. Bij de keuze van een geschikt terrein voor basismeting zal de leider der opname de eisen, welke dit basisnet stelt, dus niet uit het oog mogen verliezen.

Aan de basisvergroting kleef een ernstig nadeel. De nauwkeurigheid van de driehoekszijde, zoals deze uit de gemeten basis wordt gevonden, is voor een belangrijk deel afhankelijk van de onzekerheden in de hoekmeting en van de vorm van het basisnet. Indien de nauwkeurigheid van de gemeten basis aanzienlijk groter is dan met een bepaalde vorm van het basisnet of een bepaalde hoekmeetnauwkeurigheid overeenkomt, dan gaat bij de vergroting een aanzienlijk deel van deze nauwkeurigheid teloor.

Daar de basisvergroting zowel van invloed is op de keuze van het terrein van basismeting als op de nauwkeurigheid waarmee de basis gemeten moet worden en dus op de wijze waarop de basismeting zal geschieden, zal de bespreking van de voorbereidende werkzaamheden worden voorafgegaan door een behandeling van de basisvergroting.

#### 5.4.1 Basisvergroting

Het vergroten van een gemeten basis tot een driehoekszijde geschiedt door hoekmeting. Hierbij wordt over het algemeen van vierhoeken gebruik gemaakt. In fig. 5.1 is een enkele vierhoek weergegeven. Hierin is AB de gemeten

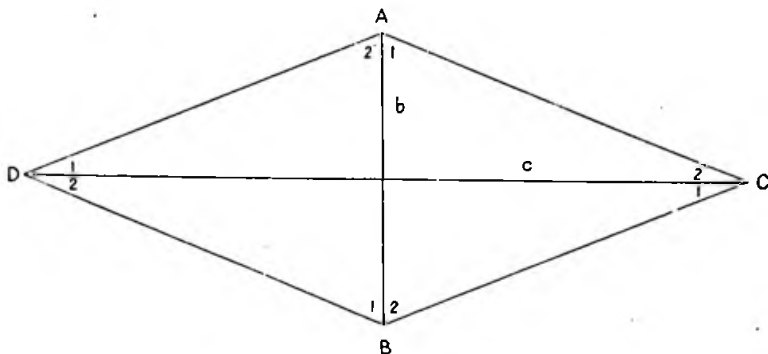


Fig. 5.1

basis b en CD de vergrote basis c. Voor het gemak wordt aangenomen, dat de beide driehoeken ACB en ABD congruent zijn en dat ze beide gelijkbenig zijn, dus  $A_1 = A_2 = B_1 = B_2$  en  $C_1 = C_2 = D_1 = D_2$ . Verder wordt aangenomen, dat alle acht hoeken zijn gemeten en dat de vierhoek ACBD, het basisnet, vereffend is. Voor het vereffeningsprobleem wordt verwezen naar par. 7.5.2.2. Hoewel in wezen niet juist, wordt verder gesteld, dat de hoeken na de vereffening ongecorrleateerd zijn, terwijl tevens wordt verondersteld, dat de basis b foutloos gemeten is en dus een middelbare fout nul bezit.

Al de bovengenoemde aannamen zijn van weinig invloed op het verdere betoog, aangezien het hier slechts gaat om een benadering van het vrij ingewikkelde probleem van de vergroting door hoekmeting.

Noemen we de middelbare fout in de *vereffende tophoek* ADB :  $\mu_T$  en definiëren we de vergroting V door  $V = \frac{c}{b}$ , dan kan de relatieve middelbare fout in de vergrote basis,  $R_c$ , worden voorgesteld door:

$$R_c = \frac{\mu_T}{\varrho} \frac{1 + V^2}{2V} \quad (5.4.1a)$$

waarin de relatieve middelbare fout  $R_c$  aangeeft de middelbare fout  $\mu_c$  in de vergrote basis, gedeeld door de lengte van de vergrote basis en  $\varrho$  het aantal seconden in de radiaal.

De afleiding van (5.4.1 a) is eenvoudig en geschiedt uit de formule:

$$c = b \cotg \frac{1}{2} ADB$$

waaruit door differentiatie wordt gevonden:

$$\mu_c = b \operatorname{cosec}^2 \frac{1}{2} T \frac{\mu_T}{2\varrho} \text{ en } R_c = \frac{b}{c} \operatorname{cosec}^2 \frac{1}{2} T \frac{\mu_T}{2\varrho}$$

Hierin kan worden gesubstitueerd  $\operatorname{cosec}^2 \frac{1}{2} T = \frac{b^2 + c^2}{b^2}$ , waarna (5.4.1a) wordt gevonden. Van deze vergelijking is een nomogram gemaakt met de 3 ingangen  $R_c$ , V en  $\mu_T$  (fig. 5.2). Dit nomogram geeft dus de maximum nauwkeurigheid, welke in de vergrote basis is te bereiken bij een bepaalde vergroting en middelbare fout in de vereffende tophoek. Het kan natuurlijk ook worden gebruikt om bij een bepaalde te bereiken nauwkeurigheid in de vergrote basis na te gaan, welke nauwkeurigheid in de vereffende tophoek moet worden nagestreefd voor een bepaalde vergroting of ook, welke vergroting nog is toegestaan bij een zekere nauwkeurigheid in de tophoek.

Hierbij moet er op worden gewezen, dat de gevonden waarden alleen gelden voor de gelijkzijdige vierhoek (ruit), waarvan in fig. 5.1 is uitgegaan. Naarmate de werkelijke vergrotingsfiguur, het basisnet, meer van deze ruit afwijkt, zullen de te verwachten resultaten minder gunstig zijn dan het nomogram aangeeft.

Bij de berekening van (5.4.1a) werd uitgegaan van de veronderstelling, dat de basis b foutloos was gemeten. Hierdoor geeft het nomogram de uitsluitende invloed van de hoekmeting en de vorm van het basisnet op de uiteindelijk in de vergrote basis te bereiken nauwkeurigheid. Daar in de praktijk echter de middelbare fout in de gemeten basis  $\mu_b \neq 0$ , kan de relatieve middelbare fout in de vergrote basis worden voorgesteld door:

$$R_{c_1}^2 = R_b^2 + \frac{\mu_b^2}{\varrho^2} \left( \frac{1 + V^2}{2V} \right)^2 \quad (5.4.1b)$$

waarin weer  $R_b = \frac{\mu_b}{b}$  de relatieve middelbare fout in de gemeten basis voorstelt.

De grote waarde van het nomogram ligt nu in de volgende redenering. Stel, dat het nomogram voor een bepaald geval geeft een te verwachten nauwkeurigheid

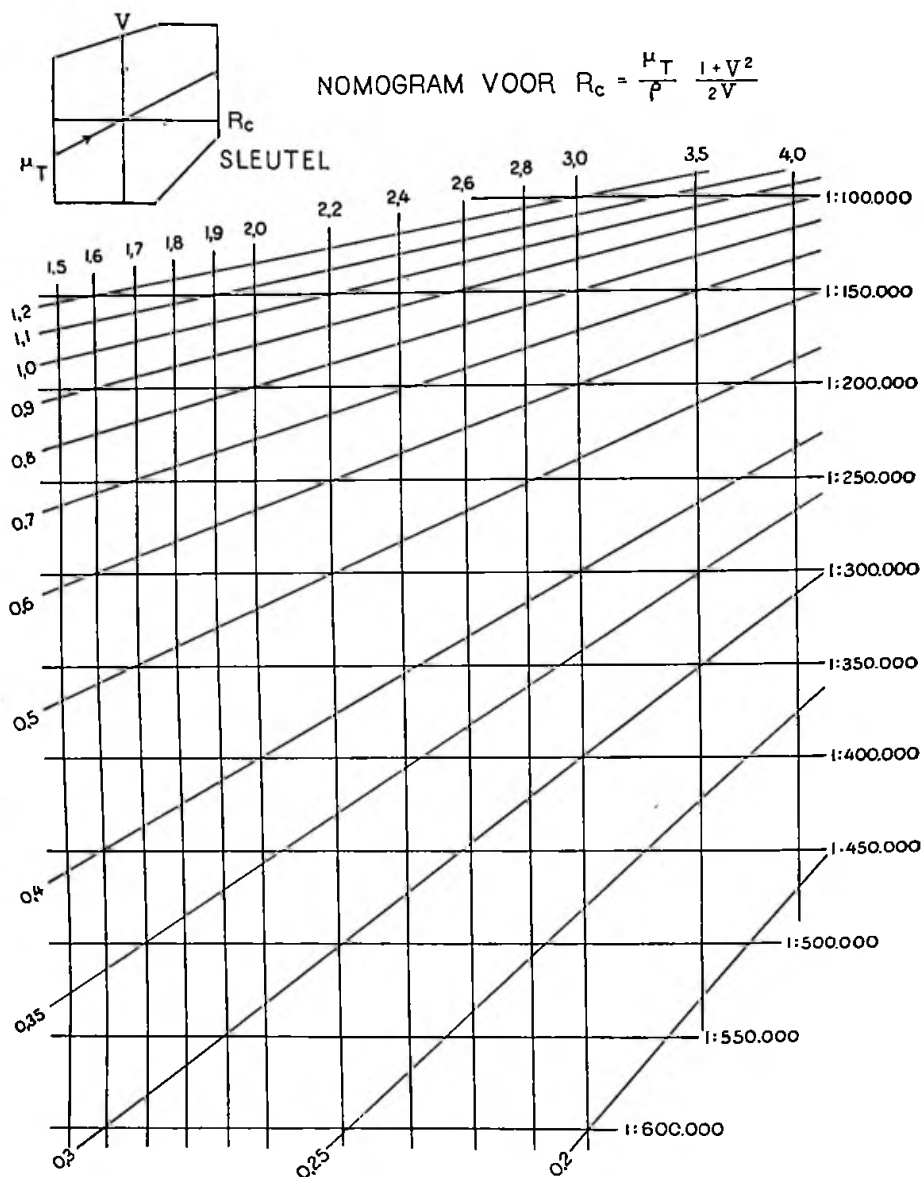


Fig. 5.2

van  $1 : 200.000 = 5 \cdot 10^{-6}$ , terwijl de basis is gemeten met een nauwkeurigheid van  $1 : 500.000 = 2 \cdot 10^{-6}$ , dan kan de relatieve middelbare fout in de vergrote basis worden gevonden uit:

$$R^2_{c_1} = 4 \cdot 10^{-12} + 25 \cdot 10^{-12} = 29 \cdot 10^{-12} \text{ volgens (5.4.1b), waarna}$$

$$R_{c_1} = 5,39 \cdot 10^{-6} = 1 : 185.000.$$

De aanzienlijk grotere nauwkeurigheid waarmee de basis is gemeten, gaat dus geheel teloor doordat de te verwachten nauwkeurigheid van de trigonometrische vergroting daarmee niet in overeenstemming was. Deze nauwkeurigheid in basis-meting was dus overbodig en derhalve oneconomisch.

Deze laatste conclusie is slechts ten dele juist. De mogelijkheid bestaat ook, dat een nauwkeurigheid in de vergrote basis van  $1 : 185.000$  werd nagestreefd. In dat geval moest de basis met een relatieve fout van  $1 : 500.000$  worden gemeten, teneinde bij een relatieve middelbare fout ten gevolge van de vergroting van  $1 : 200.000$  dit resultaat te bereiken.

In de praktijk zal het probleem zich inderdaad meestal in die vorm voordoen, dat een bepaalde nauwkeurigheid in de vergrote basis wordt geeist, dat terrein en instrumentarium een bepaalde waarde van  $R_c$  bepalen en dat gezocht wordt naar de nauwkeurigheid, waarmee de basis moet worden gemeten, teneinde aan de eerste eis te voldoen. De relatieve middelbare fout in de basis-meting kan dan worden gevonden uit:

$$R^2_b = R^2_{c_1} - R^2_c \quad (5.4.1c)$$

In vele gevallen zal het voorkomen, dat door een éénmalige vergroting van de gemeten basis de lengte van de driehoekszijde niet kan worden gehaald. In dat geval moet de éénmaal vergrote basis nogmaals trigonometrisch worden vergroot. Een dergelijk basis-

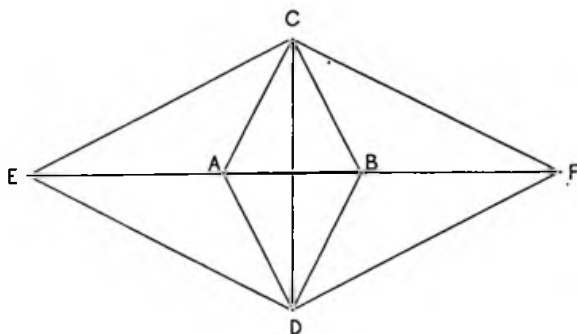


Fig. 5.3

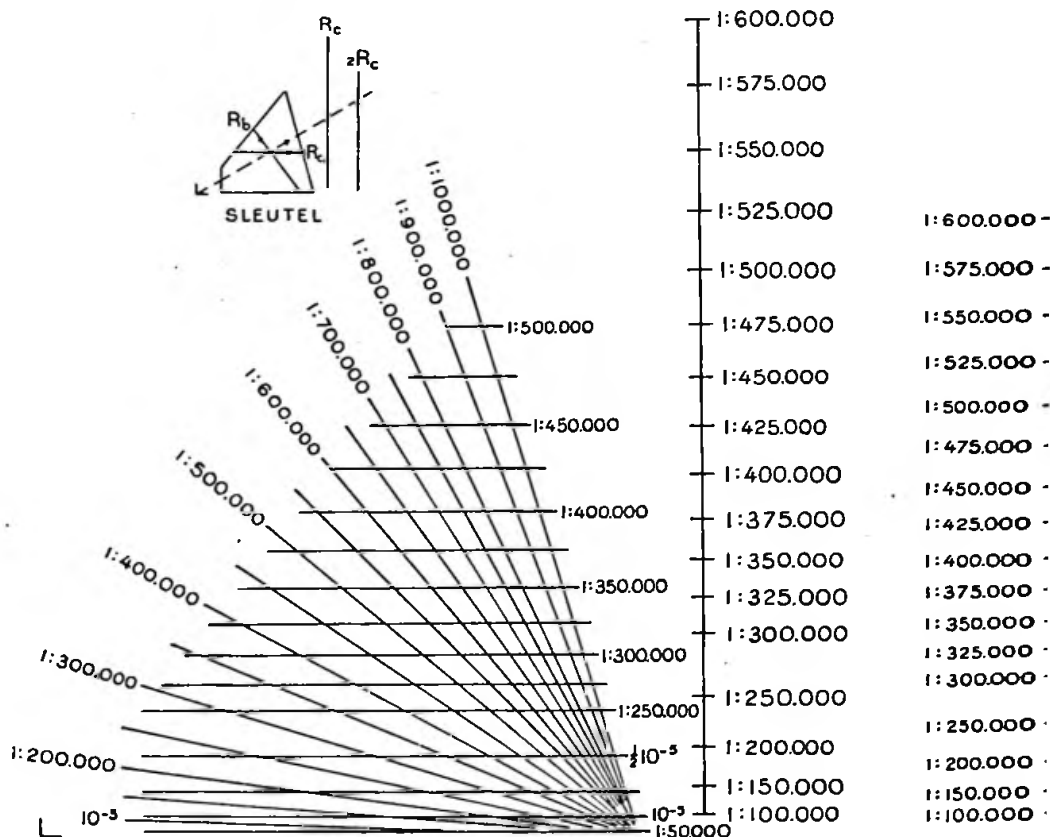
net is aangegeven in fig. 5.3 en bestaat uit twee vierhoeken. EF is hierin de driehoekszijde. De relatieve middelbare fout in DC volgt uit (5.4.1b), nl.  $R^2_{c_1} = R^2_b + R^2_c$ . Indien nu de vierhoek DECF gelijkvormig is aan vierhoek DACB, hetgeen betekent dat de  $V$  in beide gevallen even groot is, en indien de middelbare fout in de vereffende tophoeken E en F even groot is als in de tophoeken D en C dan, vinden we voor de relatieve middelbare fout in de tweemaal vergrote basis EF:

$$R^2_{c_1} = R^2_b + 2R^2_c \text{ of: } R^2_b = R^2_{c_1} - 2R^2_c \quad (5.4.1d)$$

In (5.4.1d) stelt nu  $R_{c_1}$  de relatieve middelbare fout in de *twee maal* vergrote basis voor en  $R_c$  weer de relatieve middelbare fout, welke alleen ten gevolge van de trigonometrische vergroting optreedt. Door de bovengenoemde aannamen is  $R_c$  in de beide vergrotingen even groot.

# § 5.4.1

Het nomogram in fig. 5.4 geeft de waarden voor  $R_b$  volgens (5.4.1c) en (5.4.1d). De linker van de beide staande schalen wordt gebruikt bij toepassing van één vierhoek, de rechter bij toepassing van twee vierhoeken, dus bij tweemaalige verroting.



$$\text{NOMOGRAM VOOR} \\ R_b^2 = R_{C_1}^2 - R_C^2 \text{ en } R_b^2 = R_{C_1}^2 - 2 R_C^2$$

Fig. 5.4

Een beschouwing van het nomogram toont ons, dat een tweemaalige vergroting van de gemeten basis aanzienlijk hogere eisen stelt aan de nauwkeurigheid in hoekmeting en basismeting, teneinde een bepaald resultaat te bereiken dan de éénmalige vergroting. Inderdaad komt bij gebruik van twee vierhoeken slechts een fractie van de bij de basismeting bereikte nauwkeurigheid in de driehoekszijde tot uiting. De uitspraak van William Bowie, Chief Division of Geodesy, U.S. Coast and Geodetic Survey in „Bulletin Géodésique” 1929, no. 24 belicht deze kwestie ten volle:

„The shorter the base, the more troublesome becomes its expansion to connect with a side of a triangulation. Now that the measurement of a base, thanks to invar wires and tapes, no longer presents the difficulties that it did several years ago, the advantage of using short bases in order to save time and money, has completely disappeared. The length of the base should now depend solely on the configuration of the ground and the exigencies of a good connection with the triangulation”.

Tenslotte wordt er op gewezen, dat — i. v. m. de betrekkelijk korte afstanden in een basisnet — uiterste zorg besteed moet worden aan de centrering van het meetinstrument. Een centeringsfout van 1 cm kan in het ongunstigste geval een richtingsfout van 1" betekenen op een afstand van 2000 meter.

#### 5.4.2 Voorbereidende werkzaamheden

De voorbereidende werkzaamheden voor een basismeting kunnen worden gesplitst in de voorbereidingen aan boord en de voorbereidingen in het terrein.

Onder de voorbereidingen aan boord vallen in de eerste plaats de theoretische beschouwingen, neergelegd in par. 5.4.1. Nadat de leider der opnemingen zich ter plaatse op de hoogte heeft gesteld van de mogelijkheden, welke het terrein op het gebied van basismeting en -vergroting heeft, kan aan de hand van de nomogrammen in de vorige paragraaf de nauwkeurigheid worden bepaald, waarmee de basis moet worden gemeten. Hierdoor is in de regel meteen ook vastgelegd, met welk instrumentarium de meting moet geschieden.

Een meetschema wordt opgesteld, dat de vereiste nauwkeurigheid in basismeting op redelijke wijze garandeert. Gewaakt dient te worden tegen een overmaat van nauwkeurigheid, aangezien de daaraan bestede tijd zonder enig rendement is. Dezelfde overwegingen gelden voor het vervolgens op te stellen hoekmeetschema van het basisnet. Voorzover dit aan boord mogelijk is, dienen de meetinstrumenten te worden geregeld, gecalibreerd en gecontroleerd. Verrassingen op dit punt in het terrein zijn in hoge mate tijdrovend. Losse hulpmiddelen als piketten, signalen e. d. worden tijdig aangemaakt.

Intussen kan in het terrein worden aangevangen met het schoonmaken van een voldoende brede strook voor de basismeting. Het tracé van de meting dient zodanig gekozen te zijn, dat kappen van bomen tot een minimum beperkt blijft. Bij gebruik van invar meetbanden moeten deze vrij kunnen hangen tussen de statieven en niet de begroeiing raken. Bij gebruik van de invarbasislat is het voldoende, dat de opstellingsplaatsen onderling zichtbaar zijn.

Het meest geschikte terrein voor basismeting is vlak met lage begroeiing of licht geonduleerd. Vernieling van de basiseindpunten door bij voorbeeld een bandjirrende rivier moet uitgesloten zijn. Het terrein moet liefst niet te hoog boven zeeniveau zijn gelegen en zo mogelijk niet te ver van het strand. De laatste twee eisen gelden hoofdzakelijk voor de hydrografische opname. De basiseindpunten kunnen reeds door betonnen pilaartjes van ongeveer 1,20 meter hoogte, voorzien van een bout, worden gemarkeerd.

Bij het plaatsen van de pilaar moet de fundering zodanig zijn, dat verzakken niet mogelijk is. In de pilaar wordt een plaatje ingemetseld, waarop de naam van het schip, het jaartal en de naam van de basis (dichtstbijzijnde plaats of landstreek) wordt vermeld, benevens welk uiteinde van de basis door de pilaar wordt gemarkeerd



(in windstreken aangegeven). Wordt storing van de pilaar niet uitgesloten geacht, dan kan het meetmerk in de ingemetselde bout door een aantal *vastleggingen* worden gemarkeerd. Hiertoe worden in de omgeving van de pilaar, liefst op kenbare punten, gasbuizen in de grond geslagen, of kleinere pilaartjes gebouwd en van daaruit het basisuiteinde aangemeten. Het aantal van dergelijke vastleggingen bedraagt tenminste 4. In het hoekmeet- en bakenregister worden de vastleggingen van het basisuiteinde vermeld, voorzien van een schets op schaal, waarin, behalve de gemeten afstanden, ook de kompasrichtingen van die afstanden voorkomen. Deze kunnen worden bepaald met een kompas-Bézar.

Na het schoonmaken van de voor de meting bestemde strook kan het tracé van de basis worden uitgezet. Hiertoe zijn de inmiddels aan boord gereedgemaakte piketten nodig. In de regel zal een te meten basis worden verdeeld in een aantal secties van bij benadering 500 meter lang. De juiste lengte van een sectie zal afhangen van de gebruikte meetmethode en b.v. bij gebruik van invardraden een geheel aantal draden lang zijn. De sectiegrenzen worden door in de grond gedreven gasbuizen aangegeven.

Wordt de basis met invar-draden gemeten, dan moeten vrij hoge eisen worden gesteld aan het op de juiste afstand staan van de piketten. Het in een rechte lijn uitzetten van deze piketten geschiedt met de theodoliet. Deze wordt opgesteld boven het ene basisuiteinde en gericht op het andere einde. Voor de juiste onderlinge afstand van de piketten wordt een afgekeurde invar-meetdraad gebruikt of een goede stalen meetband. Het piketteren vangt aan op 1 meetdraad afstand van de theodoliet en geschiedt van de theodoliet af in de richting van het andere basisuiteinde. Door afgesproken signalen geeft de waarnemer achter de theodoliet aan, waar de piket in de grond geslagen moet worden. De juiste onderlinge afstand tussen de piketten wordt na het in de grond slaan door een spijker in de piket aangegeven. Bij gebruik van meetstatieven moeten de koppen van de piketten ongeveer 20 tot 30 cm boven de grond uitsteken. Op een sectiegrens wordt de piket vervangen door een gasbuis, welke ongeveer 50 cm boven de grond uitsteekt. De bovenzijde van de buis is door een ingedreven houten prop dichtgemaakt, de juiste afstand wordt in deze prop weer door een spijker aangegeven.

Aangezien bij het meten met invardraden de juiste onderlinge afstand tussen de piketten zeer nauwkeurig moet worden uitgezet, is het duidelijk, dat in dit geval niet kan worden begonnen met *beide* basisuiteinden alvast door betonnen pilaren te markeren. Dit kan slechts geschieden in dat uiteinde, van waaruit het piketteren geschiedt. Het andere basisuiteinde wordt voorlopig door een baak, of een signaal aangegeven in verband met de juiste richting, doch de juiste afstand zal pas na het piketteren bekend worden.

Moet door terreinomstandigheden een gebroken basis worden gemeten, dan verdient het aanbeveling, de knikpunten zo mogelijk met sectiegrenzen te laten samenvallen. In dat geval kunnen alle hoeken, welke gemeten moeten worden, direct na het piketteren met de theodoliet worden gemeten.

Indien de basis volgens de Amerikaanse methode met invardraden wordt gemeten, waarbij de piketten als meetstatieven dienst doen, dan moeten de piketten veel zwaarder zijn en ongeveer 1,20 meter boven de grond uitsteken. Tevens moet er nu op worden toegezien, dat de piketkoppen zich zo goed mogelijk in een horizontaal vlak bevinden. De piketten moeten in dit geval zijn gestaagd in de richting van de meting, aangezien anders de geringe wrijving tussen de invardraad en de

piketkop een bron is voor systematische fouten. Na het piketteren kan nu onmiddellijk worden begonnen met het nivelleren van de piketkoppen, waardoor hun onderling hoogteverschil bekend wordt. Dit is nodig voor de lengteberekening. Hoe beter de piketkoppen in een horizontaal vlak staan, hoe eenvoudiger de lengteberekening wordt.

Indien met de invar-basislat (zie par. 2.2) gemeten wordt, kan het piketteren sneller geschieden. Beide basiseindpunten kunnen direct gemarkeerd worden. De sectiegrenspunten kunnen met de theodoliet en een stuk pianodraad van 100 meter op de goede afstanden worden uitgezet, en vervolgens de piketten er tussen met een meetdraad. Hoewel de onderlinge afstanden van de piketten ongeveer gelijk moeten zijn, zijn afwijkingen van 0,5 meter niet ernstig. Bij gebruik van de invar-basislat behoeft niet genivelleerd te worden.

Wordt voor de basismeting een meetband gebruikt, die over de gehele lengte ondersteund is, dan moet hiervoor het terrein zeer vlak, of zeer geleidelijk glooiend zijn. In dit geval worden hoge eisen gesteld aan het schoonmaken van het terrein. Vervolgens wordt het tracé aangegeven met piketten en moet het beloop van het terrein door nivelleren worden gevonden.

Bij afstandmeting met de geodimeter (zie par. 2.6) is slechts onderlinge zichtbaarheid van de basiseindpunten vereist en het hoogteverschil tussen beide punten. De voorbereidende werkzaamheden in het terrein zullen zich in dit geval tot een minimum beperken en hoofdzakelijk bestaan uit het gereedmaken van een geschikte opstellingsplaats voor instrument en vlakke spiegel. Hierbij moet worden toegezien, dat vooral de opstellingsplaats van de vlakke spiegel trillingvrij is, hetgeen eventueel kan worden bereikt door het in de grond heien van een viertal stammetjes, waarop een platform wordt gebouwd. Nog beter is het, wanneer voor de vlakke spiegel een opstellingsplaats op een rotsblok gevonden kan worden. Hetzelfde geldt, doch in iets mindere mate, voor de opstelling van de geodimeter.

Voor al bij het gebruik van invardraden is het een gebiedende eis, dat de werkelijke basismeting wordt voorafgegaan door een proefmeting. Deze zal doorgaans een gehele dag duren en dient om de meetploegen aan elkaar te laten wennen en vooral ook, om een zeer zorgvuldige en toch snelle behandeling van de invardraden te verkrijgen. Deze voor de meting schijnbaar verloren dag werpt zijn rendement ruimschoots af.

## 5.5 Basismeting

### 5.5.1 Meetlint staal

De voor een basismeting te gebruiken meetlinten zijn van staal of van invar. De stalen meetlinten zullen gewoonlijk worden gebruikt bij het meten over de grond, waarmee wordt bedoeld, dat het meetlint over de gehele lengte is ondersteund. Het gebruik van invar meetbanden zal in par. 5.5.2 worden behandeld.

Bij gebruik van stalen meetlinten is slechts een beperkte nauwkeurigheid in de te meten basis te verwachten (maximaal ong. 1 : 50.000), zulks in tegenstelling met het gebruik van invar meetbanden, waarbij een nauwkeurigheid van 1 : 1.000.000 en hoger mogelijk is. Dit verschil is hoofdzakelijk te wijten aan de grotere gevoeligheid van staal voor temperatuursveranderingen. Stalen meetlinten zullen derhalve slechts worden aangewend voor een basismeting ten behoeve van een triangulatie van beperkte omvang.

Voor het meten met een stalen meetlint moeten de volgende gegevens van het lint bekend zijn:

1. de lengteverandering van het lint per  $1^{\circ}\text{C}$  temperatuursverandering en
2. de spanning en temperatuur van het lint, waarvoor de opgegeven of op het lint aangetekende lengten gelden.

Deze gegevens behoren door de fabrikant bij het meetlint te zijn verstrekt.

De meeste stalen meetlinten hebben een lengte van 20, 30 of 50 meter en zijn verdeeld in decimeters over de gehele lengte, waarbij de eerste en de laatste decimeter in millimeters zijn onderverdeeld.

De voorgeschreven spanning op het meetlint tijdens de meting wordt verkregen door het meetlint tussen twee spanstokken te bevestigen. De juiste spanning kan dan worden afgelezen op een geijkte veerunster aan één der spanstokken. De temperatuur van het meetlint wordt verkregen door een contactthermometer op het lint te leggen. Deze thermometer moet in  $0^{\circ},1\text{ C}$  zijn verdeeld en moet zodanig op het meetlint worden gelegd, dat doorzakking van het lint onmogelijk is.

Het meetlint wordt bij voorkeur niet op de grond gelegd, omdat oneffenheden in de bodem een nauwkeurige meting onmogelijk maken. Daarbij zal ten gevolge van de wrijving over de gehele lengte de spanning in het meetlint in het midden aanzienlijk lager zijn dan aan het uiteinde, waar de voorgeschreven spanning wordt afgelezen. Het is daarom beter ongeveer 50 cm boven het maaiveld te meten en het meetlint over piketten te voeren. Om doorzakking van het meetlint tussen de piketten te kunnen verwaarlozen, moeten de piketten niet verder dan 5 meter uit elkaar staan. De koppen van de piketten waarop het meetlint steunt, moeten in één rechte lijn liggen, liefst horizontaal, doch zo nodig hellend. De beide uiteinden van het meetlint moeten steeds op een piket liggen. Hiermede moet met het piketteren rekening worden gehouden. De toegestane afwijkingen in lengte zijn maximaal gelijk aan de lengte van het in millimeters onderverdeelde gedeelte van het meetlint. Met het markeren van het 2e basisuiteinde door een betonnen pilaar moet dus worden gewacht tot na de basismeting. De afleesindex op het piket wordt aangegeven door een speldeknoop of een kleine spijkerkop.

De meetploeg bestaat uit 2 officieren, 1 opschrijver, zo nodig een officier en 2 man voor de spanstokken en evenveel helpers als er piketten zijn, waarop het meetlint rust; de piketten, waarop de uiteinden van het meetlint rusten, niet meegerekend.

Het uiteinde van het meetlint, dat zich bevindt in de richting waarin wordt gemeten, wordt het vooreinde genoemd, het andere uiteinde heet het achtereinde. Tijdens de meting bevindt het nulpunt van het meetlint zich altijd aan de achterzijde. Op het terrein wordt het meetlint tussen de beide spanstokken bevestigd. De veerunster bevindt zich aan de voorzijde van het meetlint. Het lint wordt opgenomen door de beide spanners en de helpers en wordt op de piketten gelegd. De voorste spanner zorgt er voor, dat de veerunster voortdurend de juiste spanning aangeeft. De helpers tikken voortdurend zeer licht tegen de onderzijde van het meetlint naast het piket, waardoor de wrijving op de piketkoppen zo gering mogelijk wordt. De achterste spanner laat nu, op aanwijzing van de officier, achterwaarnemer, het nulpunt van het meetlint langzaam en zo geleidelijk mogelijk langs de afleesindex op het achterste piket bewegen. De opschrijver bevindt zich bij de voorste waarnemer. Vlak voor het passeren van het nulpunt langs de index waarschuwt de achterwaarnemer met: „Opgepast” en op het moment van passeren roept hij: „Stop”. Op dit

ogenblik leest de voorste waarnemer de stand van de index van zijn piket ten opzichte van het in millimeters verdeelde gedeelte van het meetlint af. Deze waarde wordt door de opschrijver in het meetboekje ingevuld en na het invullen door hem herhaald. Hierna herhaalt de gehele procedure zich, met dien verstande, dat nu het nulpunt in tegengestelde richting langs de index van het achterste piket wordt bewogen. Dit is het minimum aantal waarnemingen dat verricht moet worden. Worden meer waarnemingen gedaan, dan moet het nulpunt evenveel malen in de ene richting als in de andere richting langs de index van het achterste piket bewogen zijn.

De officier, voorste waarnemer, controleert geregeld of de veerunster de juiste spanning aanwijst, hierbij eventueel geassisteerd door de opschrijver. Gedurende de gehele meting heeft de contactthermometer, welke onder berusting is van een der helpers, op het meetlint gelegen en wel boven een piket dat ter ondersteuning van het lint dient. Na het einde van de meting wordt de thermometer door de achterwaarnemer afgelezen en aan de opschrijver doorgegeven, welke de temperatuur bij de meting noteert en na het noteren aan de achterwaarnemer herhaalt. Hierna wordt het meetlint naar de volgende piketten gebracht, waarbij de helpers het lint ondersteunen door het op een gestrekte vinger te laten rusten. Het meetlint mag onder geen voorwaarde over de grond worden gesleept.

Op deze wijze wordt een gehele sectie gemeten. Halverwege de sectie gekomen, verwisselen de voor- en achterwaarnemer van plaats. Aan het eind van de sectie gekomen, wordt dezelfde sectie in tegengestelde richting nogmaals gemeten. Aan-gezien voor en achter nu verwisselen, moet de meetband ook worden gedraaid. Wederom verwisselen de beide officieren van functie, hetgeen halverwege de sectie op de terugweg nogmaals geschiedt. Hiermede is de meting van deze basis-sectie gereed. Worden meer metingen vereist, dan moet er voor worden zorggedragen, dat de sectie evenveel malen in de ene richting als in de andere richting wordt gemeten. Het verwisselen van voor- en achterwaarnemer halverwege de sectie en bij teruggang blijft voortdurend vereist. Worden meerdere meetlinten voor de basismeting gebruikt, dan moet met ieder meetlint in heen- en teruggang gemeten worden.

De meest ideale weersomstandigheden voor basismeting zijn lichte wind en een egaal bewolkte lucht. Tijdens regen mag niet worden doorgemeten in verband met het doorzakken van het meetlint. Onder geen omstandigheden mag worden gemeten indien het weer afwisselend bewolkt en zonnig is. Windkracht 4 of meer beïnvloedt de nauwkeurigheid van de meting in ongunstige zin.

Nadat alle secties van de basis op bovenomschreven wijze zijn gemeten, kan worden aangevangen met de becijfering van de lengte van de basis. Elke meetlint-lengte is een even aantal malen waargenomen. Deze waarnemingen worden met behulp van de bijgeschreven temperatuur herleid tot de bij die temperatuur behorende lengte van het lint en daarna gemiddeld. De gegevens van de waterpassing over de index-piketten zijn nodig om de werkelijk gemeten lengten te herleiden tot horizontaal gemeten lengten. Indien het hoogteverschil tussen voor- en achterpiket van het meetlint  $h$  cm bedraagt, terwijl de werkelijk gemeten en voor temperatuur gecorrigeerde lengte  $L$  cm is, dan wordt de tot de horizon herleide lengte  $L_h$  gevonden uit:

$$L_h^2 = L^2 - h^2 \quad (5.5.1a)$$

Op deze wijze wordt van een basis-sectie de tot de horizon herleide en voor temperatuur gecorrigeerde lengte gevonden. Verder wordt uit de waterpassing de gemiddelde hoogte van de basis-sectie boven zeeniveau bepaald, waarna de lengte

van de sectie kan worden herleid tot die op zeeniveau. Is de gemiddelde hoogte van de basis-sectie  $h_m$  boven middenstand, dan kan de tot zeeniveau herleide sectielengte  $L_0$  worden gevonden uit:

$$L_0 = L_h \left( 1 - \frac{h_m}{R} \right) \quad (5.5.1b)$$

Hierin wordt  $L_h$  gevonden uit (5.5.1a), terwijl  $R$  de gemiddelde straal van de aarde voorstelt, welke voor deze eenvoudige basismeting gelijkgesteld mag worden aan 6.370.000 meter.

Is een gebroken basis gemeten, dan moeten alle rechte stukken worden projecteerd op de verbindingsrechte tussen de beide basisuiteinden. Hiertoe moeten op alle knikpunten de hoeken worden gemeten welke de rechte stukken met elkaar maken. De lengte van de projecties der rechte stukken op de verbindingslijn der basiseindpunten wordt dan op eenvoudige wijze gevonden door de lengte van het rechte stuk te vermenigvuldigen met de cosinus van de hoek, welke het stuk maakt met die verbindingslijn.

In de praktijk is gebleken, dat met alle mogelijke voorzorgen een nauwkeurigheid in de basismeting met een stalen meetlint kan worden verkregen van maximaal ongeveer 1 : 50.000. Aangezien de invloed der toevallige fouten afneemt met het toenemen van de gemeten afstand, kan voor lange bases mogelijk een iets gunstiger bedrag worden gevonden. In de regel zal echter een lange basis, welke dus voor een grotere triangulatie moet dienen, niet met stalen meetlinten worden gemeten maar met invardraden. De lengte van de te meten basis moet ook in het geval van een kleine triangulatie worden aangepast aan de mogelijkheden van vergroting in het terrein en aan de lengte van de eerste driehoekszijde. Getracht moet worden de basis door een enkele vierhoek, met een vergroting van ten hoogste 3, aan de triangulatie aan te sluiten.

De nauwkeurigheid in de basismeting wordt beïnvloed door omstandigheden van verschillende aard. Zij kunnen van systematische- en van toevallige aard zijn. Onder de systematische invloeden kunnen worden genoemd alle ijkfouten van het meetlint, het fout aanwijzen van de thermometers, waardoor voortdurend een verkeerde temperatuurscorrectie wordt aangebracht, ijkfouten in de veerunster, waardoor de verkeerde spanning op het meetlint wordt gebruikt, het niet goed in één lijn staan van de index-piketten in richting en het niet goed in één lijn staan van de ondersteuningspiketten in hoogte, het meten langs hellingen en de persoonlijke fouten, die voor- en achterwaarnemer maken bij het aflezen van de stand van de index resp. het beoordelen van de coïncidentie van index met de nulstreep. Onder de toevallige invloeden kunnen de waarnemingsfluctuaties worden geschaard, die bij observaties altijd optreden.

Door het kiezen van een bepaald meetschema wordt getracht een aantal der systematische invloeden uit de waarnemingen te weren. Door het nulpunt van het meetlint evenveel malen in heen- als in teruggang langs de index van het achterpiket te bewegen, wordt de invloed van de wrijving, zowel in de veerunster als op de piketten, zo goed mogelijk geëlimineerd. Door het verwisselen van voor- en achterwaarnemer wordt getracht hun persoonlijke afleesfouten uit de metingen te weren. Dit geschiedt met meer succes naarmate de waarnemers beter zijn geoefend. Het is in de praktijk gebleken, dat geoefende waarnemers een zeer constante persoonlijke afleesafwijking hebben. Door de basissecties evenveel malen in heen- als in teruggang

te meten, wordt getracht de invloed van hellingen op de metingen en in het algemeen alle invloeden die verband houden met de richting van de meting (belichting) uit het meetresultaat te bannen.

Alle ijkfouten onttrekken zich aan onze pogingen om hen uit de metingen te elimineren. Hun aanwezigheid treedt eerst aan het licht, indien meerdere meetlinten worden gebezigd en tevens meerdere thermometers en veerunsters. Hierdoor wordt nl. onderling vergelijk der verschillende waarnemingen mogelijk en kunnen de *verschillen in ijkfouten* worden opgespoord. De ware grootten dezer fouten komt men niet te weten. Door het meten met verschillende instrumenten en het middelen der verkregen waarnemingen worden de ijkfouten dus niet uitgebannen, doch hoogstens de onzekerheid in het eindresultaat ingekrompen.

Het is derhalve van groot belang, dat alle bij een basismeting gebruikte instrumenten aan het begin en aan het einde van een meetdag aan boord worden geijkt, indien dat mogelijk is. Zo kan het meetlint eventueel met behulp van een invardraad worden geijkt, de veerunster met goede gewichten.

De toevallige invloeden zijn niet uit de waarnemingen te weren, omdat hun optreden inherent aan het waarnemen is. Hoe groot hun invloed op de nauwkeurigheid van het eindresultaat is, zal worden behandeld bij de becijfering van de nauwkeurigheid van een basismeting met invarmeetlinten in par. 5.5.2.

In het bovenstaande is de wijze van basismeting behandeld met behulp van stalen meetlinten, waarbij de maximum nauwkeurigheid, welke met deze methode behaald kan worden, werd nagestreefd. Slechts zelden zal het voorkomen, dat een basis van enige lengte met stalen meetlinten wordt gemeten, indien deze nauwkeurigheid van ongeveer 1 : 50.000 wordt geëist. Het is in dat geval eenvoudiger om van de invarmeetlinten gebruik te maken.

Dat niettemin in het voorgaande de meest nauwkeurige wijze van basismeting met het stalen meetlint werd behandeld, vindt zijn oorzaak in het feit, dat het wenselijk werd geoordeeld aan te geven op welke wijze deze grootste nauwkeurigheid bereikt kan worden. Voor de practijk zal het meestal mogelijk zijn een aantal vereenvoudigingen in het meetschema aan te brengen, waardoor veel tijd bij het meten wordt bespaard en toch de nagestreefde nauwkeurigheid niet in het gedrang komt. Zoals steeds bij hydrografische werkzaamheden moet er ook hier voortdurend op worden gelet, dat de nauwkeurigheid die men wenst met een minimum aan arbeid wordt verkregen. Daartoe is het echter noodzakelijk, dat men een indruk heeft van de grootten der verwaarlozingen, die optreden bij een vereenvoudiging van het meetschema.

Kan bijv. ten behoeve van eenvoudig inpaswerk van geringe omvang met een nauwkeurigheid van 1 : 5000 worden volstaan, dan is het voldoende het tracé van de basis met piketten aan te geven en het meetlint eenvoudig over de grond te leggen. Waterpassing van het tracé is nu overbodig, vooral wanneer een bij benadering vlak terrein voor de basismeting wordt uitgezocht. Herleiding tot de horizon en vervolgens tot zeeniveau kan dus achterwege worden gelaten. Ook de meteorologische omstandigheden spelen geen rol van betekenis meer, met name beschijning door de zon wordt aanvaard en de temperatuur van de meetband gevonden door de contactthermometers of door bepaling van de luchttemperatuur. Het laatste moet echter altijd worden afgeraden, aangezien vooral bij voortdurende beschijning de temperatuur van het meetlint aanzienlijk hoger kan zijn dan de luchttemperatuur. Wel moet het meetlint onder de juiste spanning worden afgelezen, dus de veerunster moet

gebruikt worden. Het verwisselen van voor- en achterwaarnemer behoeft niet te geschieden, hoewel het een kleine moeite is zulks te blijven doen.

Over het algemeen kan worden gezegd, dat de leider der opneming zich van te voren een indruk vormt van de grootten van de verwaarlozingen, welke bij een bepaalde vereenvoudiging van het meetschema worden geïntroduceerd en daarvan laat afhangen welk meetschema opgesteld moet worden, hierbij de gewenste nauwkeurigheid niet uit het oog verliezend.

## 5.5.2 Meetlint invar

### 5.5.2.1 Wiskundige afleiding

Het is bij de basismeting met invardraden of -banden gewoonte deze onder een constante en nauwkeurig bekende spanning tussen twee steunpunten op te hangen ter verkrijging van een grotere nauwkeurigheid in de meetresultaten.

Een volkomen soepele, onrekbare, homogene draad, welke tussen twee steunpunten, onder het aanbrengen van een constante spanning, wordt opgehangen, wordt in de wiskunde een *kettinglijn* genoemd. Voor een goed begrip van het hierna volgende is het noodzakelijk de voor deze lijn geldende formules hier in het kort te behandelen.

Voor de afleiding van de formules wordt verwezen naar: „Handbuch für die Verwendung von Invardrähten bei Grundlinienmessungen“ von Dipl. Ing. Erwin Gigas, Berlin 1934, of naar: „La mesure rapide des bases géodésiques“ par J. R. Benoit et Ch. Ed. Guillaume, Ve édition, Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1917.

In deze paragraaf zal worden volstaan met het geven van de formules die nodig zijn, of benodigd kunnen zijn, bij het meten van bases ten behoeve van de hydrografische opname. Hierbij zullen de ondervolgende notaties worden gebruikt:

$x$  = abscis van een punt

$y$  = ordinaat van een punt

$p$  = gewicht van het meetlint in kg/meter

$H$  = gewicht voor het spannen van het meetlint in kg

$b$  = booglengte

$k$  = koordelengte

$\psi$  = de hoek, welke de raaklijn in een punt P aan de kromme maakt met de positieve X-as

$$q = \frac{p}{2H}$$

$h = y_2 - y_1$  = hoogteverschil tussen 2 punten.

Beschouwen we in fig. 5.5 het gedeelte van een kettinglijn, aangegeven door de kromme tussen de punten A en B. Het X-Y assenkruis ligt zodanig, dat de richting van de Y-as de richting aangeeft tegengesteld aan die van de zwaartekracht. Verder is de oorsprong van het assenkruis gekozen op de middelloodlijn van AB. De X-as ligt dus horizontaal en  $k_0$ , de koorde AB, is evenwijdig aan de X-as. In de figuur is derhalve  $x_B = -x_A$  en is de ligging van de X-as zo gekozen, dat het punt van de kromme AB waarvoor  $x = 0$ , een ordinaat heeft:  $y_0 = 1 : 2q = H : p$ .





Voor het symmetriegeval, waarin  $x_2 = -x_1 = k_0 : 2$ , gaat (5.5.2.1d) over in:

$$b_0 = k_0 + \frac{1}{6} q^2 k_0^3 + \frac{1}{120} q^4 k_0^5 + \dots \quad (5.5.2.1e)$$

In de ijkinstututen, waar de invardraden worden geverifieerd, wordt de lengte van de horizontale koorde  $k_0$  met grote nauwkeurigheid bepaald. De bijbehorende booglengte  $b_0$  blijft in den regel onbekend. Moet een invardraad evenwel toch in geheel gestrekte toestand, dus geheel ondersteund, worden gebruikt, dan kan de gestrekte lengte,  $b_0$ , met behulp van de onbekende koordelengte  $k_0$  uit (5.5.2.1e) worden gevonden. De gevonden lengte  $b_0$  zal dan gelden voor dezelfde spanning als waarvoor de koordelengte is opgegeven. Hierbij wordt dan verondersteld dat de ondersteuning zonder wrijving plaats vindt.

Beschouwen we nu de punten C en D van de kettinglijn in fig. 5.5. De koorde CD =  $k_\beta$  maakt een hoek  $\beta$  met de positieve X-as. Aangenomen is, dat de booglengte  $b_\beta$  even groot is als de booglengte  $b_0$ . De koordelengte  $k_\beta$  zal nu evenwel groter zijn dan de koordelengte in het symmetrische geval,  $k_0$ . Het verschil in beide koordelengten wordt gevonden met:

$$k_\beta - k_0 = + \frac{1}{3} h^2 q^2 k_0 \quad (5.5.2.1f)$$

(5.5.2.1f) is een benadering, welke echter in alle gevallen welke zich bij een basismeting kunnen voordoen, geoorloofd is. Deze formule geeft aan de *deformatie van de kettinglijn*.

### 5.5.2.2 *Fysische eigenschappen van invar*

Invar is een legering, bestaande uit ongeveer 36% nikkel, 64% ijzer en zeer kleine bijmengingen (in totaal ongeveer  $\frac{1}{2}\%$ ) van chroom, koolstof, mangaan, wolfram, koper e. a. Invar heeft daardoor een voor basismeting bijzondere aantrekkelijkheid, nl. een bijna algehele ongevoeligheid voor temperatuursveranderingen. Dat wil niet zeggen, dat de uitzettingscoëfficiënt bij iedere temperatuur gelijk is aan nul. Wel is deze zo klein, dat bij het bepalen van de temperatuur van het meetlint geen bijzondere voorzorgen genomen behoeven te worden en dat een temperatuursbepaling tot  $0,5^\circ \text{C}$  nauwkeurig voldoende is voor elke nauwkeurigheid, die bij een basismeting voor hydrografische doeleinden vereist wordt.

Daarbij is de uitzettingscoëfficiënt nog afhankelijk van de temperatuur. De uitzettingscoëfficiënt is niet, zoals velen denken, een onveranderlijk bedrag, doch een variabele grootheid, die met de temperatuur fluctueert.

De gemiddelde lineaire uitzettingscoëfficiënt,  $u_m$ , welke als geldig aangenomen mag worden in het temperatuurbereik van  $0^\circ$  tot  $t^\circ \text{C}$ , kan worden voorgesteld door de vergelijking:

$$u_m = u + \beta \cdot t \quad (5.5.2.2a)$$

waarin  $u$  en  $\beta$  constanten zijn.

Een stuk draad van 1 meter lengte bij een temperatuur van  $0^\circ \text{C}$  zal dus bij  $t^\circ \text{C}$  een lengte van  $1 + u_m \cdot t$  hebben, zodat de lengtetoeename  $dl_{0,t}$  voorgesteld kan worden door:

$$dl_{0,t} = t \cdot u_m = t \cdot (u + \beta \cdot t) \quad (5.5.2.2b)$$

(5.5.2.2b) geeft de lengteverandering ten opzichte van de toestand bij  $0^\circ \text{C}$ . Gewoonlijk echter wordt voor een bepaald gebied het gemiddelde klimaat in aanmerking genomen en de lengteveranderingen gegeven met de gemiddelde temperatuur in het gebied als referentiepunt.

Noemen we de gemiddelde temperatuur  $t_m$ , dan gaat (5.5.2.2b) over in:

$$dl_{0,t_m} = t_m \cdot (u + \beta \cdot t_m) \quad (5.5.2.2c)$$

De lengteverandering per meter bij een temperatuur  $t$ , gerekend vanaf de lengte welke overeenkomt met de gemiddelde temperatuur  $t_m$ , kan dan als volgt worden afgeleid:

$$dl_{t,t} = dl_{0,t} - dl_{0,t_m} = u(t - t_m) + \beta(t^2 - t_m^2) \quad (5.5.2.2d)$$

Stellen we nu verder nog  $t - t_m = dt$ , dan gaat de laatste vergelijking over in:

$$dl = dt \cdot \{u + \beta \cdot (dt + 2t_m)\} \quad (5.5.2.2e)$$

Voor een band van  $L$  meter lengte gaat (5.5.2.2e) over in:

$$dL = L \cdot dt \cdot \{u + \beta \cdot (dt + 2t_m)\} \quad (5.5.2.2f)$$

In (5.5.2.2f) zijn de waarden van  $u$  en  $\beta$  bekend, aangezien deze door het ijk-instituut dat de draden heeft geverifieerd, zijn bepaald. Ook de waarde van  $t_m$  wordt door het instituut opgegeven en zal afhangen van het gebied waarvoor de linten worden geijkt. Zo zal voor tropische gebieden de gemiddelde temperatuur  $t_m$  b.v. op  $25^\circ \text{C}$  gesteld kunnen worden. De grootte van  $dt$  wordt bepaald door geregeld tijdens de meting de temperatuur van het meetlint te noteren en daarvan de waarde van  $t_m$  af te trekken.

In de praktijk zal het aanbeveling verdienen voor ieder meetlint een tabel te maken aan de hand van (5.5.2.2f), waarin direct de lengtecorrectie opgezocht kan worden. Het zal hierbij het eenvoudigst zijn de lengtecorrectie met steeds 1 micron te laten opklimmen en de temperatuurgrenzen waarbij dit gebeurt, er naast te vermelden. De tijdens de metingen genoteerde temperaturen van het lint geven dan direct de correcties welke op de ijk lengte moeten worden toegepast.

Een aanzienlijk grotere uitzetting ondergaat het meetlint ten gevolge van de trekspanning, waaraan het gedurende de metingen onderworpen is. Deze elastische uitzetting wordt gekarakteriseerd door de „elasticiteitsmodulus”,  $E$ , waarvan de omgekeerde waarde de verlenging in meters aangeeft, die een 1 meter lange staaf van 1 vierkante centimeter doorsnede onder een spanning van 1 kg ondergaat. De wet van Hooke leert, dat de lengteverandering  $dL$  evenredig is met de lengte  $L$  en de trekspanning  $H$  en omgekeerd evenredig met de doorsnede  $D$  en de elasticiteitsmodulus  $E$ , dus:

$$dL = \frac{L \cdot H}{E \cdot D} \quad (5.5.2.2g)$$

$dL$  wordt in meters gevonden, als  $L$  in meters,  $H$  in kg,  $E$  in  $\text{kg/cm}^2$  en  $D$  in  $\text{cm}^2$  wordt uitgedrukt. De wet van Hooke geldt slechts binnen een bepaald gebied. Wordt de bovengrens, de elasticiteitsgrens, overschreden, dan ondergaat het materiaal een blijvende vormverandering. Vandaar dat voor een bepaalde doorsnede van een meetlint een trekspanning wordt opgegeven, welke niet groter is dan  $1/3$  van de spanning, waarbij de elasticiteitsgrens wordt overschreden. Het moet daarom ten

### § 5.5.2.2

sterkste worden ontraden de meetlinten met een zwaarder gewicht te belasten dan is opgegeven.

In het ijkinstituut wordt het meetlint geverifieerd bij de spanning, die tijdens de metingen ook wordt aangelegd. De lengte van de koorde, zoals deze door het instituut bekend wordt gemaakt, is dus reeds aangedaan door de elastische uitzetting, zoals aangegeven door (5.5.2.2g). Is de spanning tijdens de metingen precies even groot als die, waarbij het lint is geijkt en zijn de ophangpunten van het meetlint beide even hoog, dan behoeven dus geen correcties voor elastische uitzetting toegepast te worden. Zijn beide ophangpunten niet even hoog, dan moet een positieve correctie op de ijk lengte worden toegepast ter grootte van:

$$+ \frac{k_0 \cdot H}{E \cdot D} \frac{h^2}{2k_0^2} \quad (5.5.2.2h)$$

Wijkt de trekspanning een bedrag  $dH$  van de voorgeschreven spanning  $H$  af, dan moet de ijk lengte worden gecorrigeerd met een bedrag:

$$\frac{dH}{H} \left( \frac{1}{3} q^2 k_0^3 + \frac{k_0 \cdot H}{E \cdot D} \right) \quad (5.5.2.2i)$$

waarvan het teken afhankelijk is van het teken van  $dH$ .

Door de moleculaire instabiliteit van invar zullen meetlinten na hun verwaardiging aan lengteveranderingen onderhevig zijn. Teneinde deze lengteveranderingen tot een minimum te beperken wordt het invar kunstmatig verouderd, hetgeen zowel thermisch als mechanisch geschiedt. Voor de nog overblijvende lengteveranderingen kan een basismeting eenvoudig worden gecorrigeerd, daar de meetlinten zowel vóór als na de meting in een ijkstituut geverifieerd moeten worden. De eventueel bij deze verificaties aan de dag tredende lengteveranderingen kunnen aangenomen worden lineair te zijn verlopen in het tijdsbestek tussen de ijkingen. Een eenvoudige grafiek geeft dan de juiste ijk lengte tijdens de basismeting.

#### 5.5.2.3 Invloed van de zwaartekracht

Indien de versnelling van de zwaartekracht ter plaatse niet bekend is, kan zij worden gevonden uit de vergelijking:

$$g = 9,80615 (1 - 0,002642 \cos 2\varphi) - 0,00000309 h \quad (5.5.2.3a)$$

Hierin is 9,80615 de versnelling van de zwaartekracht in meters per seconde<sup>2</sup> op een breedte van 45° en herleid tot zeeniveau,  $\varphi$  de breedte van de plaats van meting en  $h$  de hoogte in meters boven middenstand.

Uit (5.5.2.3a) volgt, dat het verschil in zwaartekracht tussen 2 punten met breedte  $\varphi_1$  en  $\varphi_2$  en hoogte  $h_1$  en  $h_2$  is:

$$dg = 0,025905 (\cos 2\varphi_1 - \cos 2\varphi_2) + 0,00000309 (h_1 - h_2) \quad (5.5.2.3b)$$

De verandering in versnelling van de zwaartekracht heeft tweeërlei invloed. In de eerste plaats verandert het eigengewicht van de draad en ten tweede veranderen de gewichten van de spangewichten.

Wordt het meetlint door een veerunster gespannen, dan zal ten gevolge van een verandering van de versnelling van de zwaartekracht en dus van het eigengewicht van het meetlint, dit meer of minder doorzakken. Een te grote doorzakking zal een

te grote aflezing geven en dus een negatieve correctie behoeven. Uit (5.5.2.1e) volgt direct, dat, indien er een verschil is dg in de versnelling van de zwaartekracht, waarbij het eigengewicht van de draad is bepaald en de zwaartekracht ter plaatse van de basismeting, de ijk lengte een correctie behoeft, voorgesteld door:

$$-\frac{1}{3} q^2 k^3 o \frac{dg}{g} \quad (5.5.2.3c)$$

Wordt het meetlint daarentegen door gewichten gespannen die evenals het meetlint onderhevig zijn aan het veranderen van de versnelling van de zwaartekracht, dan zal de vorm van de kettinglijn onveranderd blijven. Echter de verandering van het spangewicht zal wel een correctie nodig maken om de verandering in elastische uitzetting te compenseren. Uit (5.5.2.2g) volgt:

$$d(L) = \frac{L \cdot H}{E \cdot D} \frac{dg}{g} \quad (5.5.2.3d)$$

#### 5.5.2.4 Gegevens invar meetlinten

De aan boord verstrekte meetlinten zijn vervaardigd door Chesterman, Sheffield, England en betrokken bij de firma Messrs. Hilger & Watts Ltd.

De meetlinten zijn 25 meter lang, 6,30 millimeter breed en gemiddeld 0,51 millimeter dik. De verdeling is in meters van 0 tot 24 meter en verder van 0 meter in tegengestelde richting in millimeters tot 1 meter.

De band is vervaardigd door uitwalsen van invardraad. Voordat de verdeling werd aangebracht, zijn de banden thermisch verouderd. Het s.g. van invar is 8,0; de elasticiteitsmodulus van het voor de meetlinten gebruikte invar wordt door de fabriek opgegeven te zijn: 14420 kg/mm<sup>2</sup>. De verdeling op het meetlint is aangebracht bij een temperatuur van 20° C en een trekspanning op het lint van 9072 gram. Onder die omstandigheden is de verdeling gegarandeerd tot een nauwkeurigheid van 0,1 mm. Verder geeft de fabriek op een lineaire uitzettingscoëfficiënt van + 0,9 · 10<sup>-6</sup>. Al de boven gegeven waarden zijn slechts bedoeld om een indruk te geven. Voor een basismeting worden uitsluitend de gegevens gebruikt, welke door het ijk instituut zijn verstrekt.

Een aantal waarden kan echter nog uit bovenstaande gegevens worden afgeleid, voor zover zij niet afhankelijk zijn van de door de ijk instituten te geven waarden.

p = gewicht van het meetlint in kg/meter = 0,025704 kg/m

H = 10 kg, dus q = p : 2H = 0,0012852 meter

l : 2q = H : p = 389,0445067 meter

q = 12852 · 10<sup>-7</sup>, q<sup>2</sup> = 16517 · 10<sup>-10</sup>, q<sup>3</sup> = 21228 · 10<sup>-13</sup>

E = elasticiteitsmodulus = 14420 kg/mm<sup>2</sup>

D = oppervlakte doorsnede = 0,03213 cm<sup>2</sup>.

#### 5.5.2.5 Instrumentarium voor basismeting met invar meetlinten

Als regel zal een opnemingsvaartuig zijn uitgerust met de volgende instrumenten voor basismeting:

3 meetlinten invar, elk op een trommel opgerold. Elk meetlint heeft zijn eigen trommel. Het nummer van het meetlint is vermeld tussen de millimeterverdeling en de bevestigingsring, terwijl hetzelfde nummer op de trommel is geschilderd;

8 meetstatieven, bestaande uit een driepoot, waarop een tafeltje vast is bevestigd;

1 opzetniveau met een hoekwaarde van  $30''$ , waarmee de tafeltjes van de driepoten ongeveer horizontaal gezet kunnen worden;

3 afleesbouten, welke op de tafeltjes van de driepoten vastgeklemd kunnen worden. Deze afleesbouten bestaan uit twee delen. Het onderste deel kan door stelschroeven horizontaal gezet worden, hetgeen op een vast aan het onderstuk bevestigd doosniveau afgelezen kan worden. In dit onderstuk bevindt zich de eigenlijke afleesbout, welke met behulp van horizontale stelschroeven precies boven de piket gecentreerd kan worden, hetwelk met een onder de afleesbout bevestigd schietlood wordt gecontroleerd. De bovenzijde van de afleesbout (fig. 5.6) ziet er uit

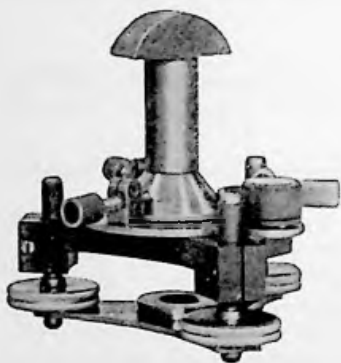


Fig. 5.6

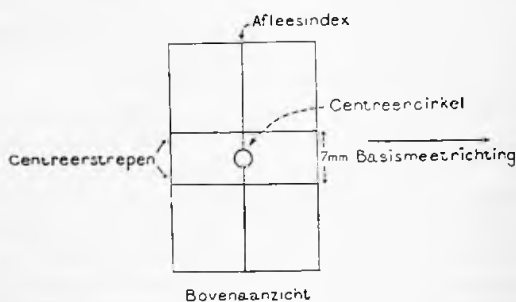


Fig. 5.7

als aangegeven in fig. 5.7. Het cirkelvormige merk geeft het punt aan, dat door het schietlood boven de piket is gecentreerd. De in langsrichting over de cilindervormige bovenkant lopende lijn is de afleesindex. Om zeker te zijn, dat het meetlint precies boven de piket wordt afgelezen, zijn twee streepjes aangebracht, loodrecht op de afleesindex, 3,5 millimeter ter weerszijden van het cirkelvormige merk. De afstand tussen deze streepjes is dus 7 millimeter en de streepjes zullen dus zichtbaar blijven, indien de 6,3 millimeter brede invar-band precies over het cirkelvormige merk wordt gevoerd. Deze centreerstrepen staan dus in de richting, waarin de basis wordt gemeten;

10 losse afleesbouten voorzien van schroefdraad, welke dienen voor het markeren van de basiseindpunten in de betonnen pilaartjes en geheel conform de hier voorgaande zijn uitgevoerd. Het cirkelvormige merk geeft nu het basiseindpunt aan, de centreerstrepen de basisrichting. Deze losse bouten steken ongeveer 2 cm boven de pilaar uit, zodat de meting met een invar-meetlint over een basiseindpunt geen bezwaren oplevert;

1 waterpasinstrument, hetgeen dient voor het vaststellen van de hoogteverschillen tussen de verschillende meetstatieven. Dit waterpasinstrument kan op de tafeltjes van de meetstatieven worden geklemd, zodat een apart statief hiervoor overbodig is geworden;

3 waterpasbakens van 1,50 meter met doosniveau nabij de onderzijde;

4 spangewichten van 10 kg voor het uitoefenen van de juiste spanning op het meetlint. Deze gewichten zijn voorzien van een ijkcertificaat, behelzende het juiste

gewicht en de breedte en eventueel hoogte boven middenstand, waarbij dit gewicht is bepaald. In plaats van breedte en hoogte is het voldoende, indien de versnelling van de zwaartekracht wordt opgegeven waarbij de gewichtsbepaling geschiedde;

2 spanstatieven, bestaande uit een wiel, dat in een vork kan draaien, welke vork met een tussing vast in de grond gezet kan worden. Over deze wielen worden de voorlopen tussen meetlint en spangewichten gelegd, waardoor de spangewichten, vrijhangend boven de grond, de vereiste spanning op het meetlint kunnen uitoefenen. Voor de voorlopen zal sterk en soepel koord worden gebruikt, dat geen torsie op de meetband uitoefent;

2 contactthermometers voor het bepalen van de temperatuur van het meetlint tijdens de metingen. Deze thermometers zijn ingebouwd in een metalen blok, vervaardigd van een goed warmtegeleidend metaal, met een vlakke onderkant, waarmee het blok op de band gelegd kan worden. Het blok is voorzien van klemmen, waardoor het niet van het meetlint af kan vallen, doch wel in lengterichting er langs verschoven kan worden. Bij het bepalen van de bandtemperatuur moet er zorgvuldig op toegezien worden, dat zich geen vetlaag of stof tussen meetlint en thermometerblok bevindt, daar dit een goede warmtegeleiding tegenhoudt en een foutieve temperatuur van het meetlint geeft. Directe bestraling van de thermometer moet tegengegaan worden. De temperatuur moet met een minimum nauwkeurigheid van  $0,5^{\circ}\text{C}$  bepaald kunnen worden.

#### 5.5.2.6 De basismeting

De aan boord van de opnemingsvaartuigen verstrekte meetlinten zijn, zoals reeds werd gezegd, verdeeld in meters van 0 tot 24 meter en vanaf het nul meter merk in tegengestelde richting in millimeters over een lengte van 1 meter. Er kunnen zich nu 2 gevallen voordoen. Het meetlint is geijkt voor de lengte van de koorde van 0 tot 24 meter en/of van -1 tot 23 meter, dus over een totale lengte van 24 meter, dan wel het is geijkt voor de gehele lengte van 25 meter, dus van -1 tot 24 meter. Deze 2 gevallen bepalen nl. de afstand tussen de piketten, waarboven de meetstatieven opgesteld moeten worden.

De wijze, waarop het meetlint is gemerkt, maakt het noodzakelijk, dat zodanig wordt gemeten, dat het 23 c.q. 24 meter merk samenvalt met de indexstreep van een afleesbout en dat aan het andere uiteinde van het meetlint wordt afgelezen de stand van de indexstreep aldaar ten opzichte van de millimeterverdeling. Is nu het meetlint geijkt voor de lengte van de koorde tussen de 0 en 24 meter merken, dan moeten de piketten 0 tot 5 cm *meer* dan 24 meter uit elkaar staan. Is het meetlint geijkt tussen de -1 en 23 meter merken, dan moeten de piketten 0 tot 5 cm *minder* dan 24 meter uit elkaar staan. Is het meetlint ten slotte geijkt tussen de merken -1 en 24 meter, dan moeten de piketten 0 tot 5 cm *minder* dan 25 meter uit elkaar staan. Telkens als hierboven 24- of 25 meter werd genoemd, dan wordt hiermede natuurlijk bedoeld de juiste lengte van de koorde, welke bij die afstand van de merken behoort. Deze koordelengte volgt uit de gegevens van het ijkinstituut. Aangenomen wordt verder, dat met bovengenoemde omstandigheden bij het piketteren rekening is gehouden.

De meetploeg bestaat uit 3 officieren, 1 opschrijver, zo nodig eveneens een officier, en 5 helpers. Twee der officieren zijn bestemd als voor- en achterwaarnemer, de derde officier is belast met het gelijktijdig waterpassen van de hoogten der aflees-

bouten. Twee der helpers bedienen de spanstatieven, de overige drie zijn behulpzaam bij het waterpassen en het verplaatsen van de meetstatieven.

Zo mogelijk zal de basismeting geschieden bij egaal bedekte lucht en windkracht niet groter dan 3. Onder geen beding mag tijdens regen worden gemeten. De voor de meting te gebruiken meetlinten zijn van te voren met alcohol geheel vetvrij gemaakt. Gevaar voor roesten is klein, daar invar zeer weerbestendig is. De meetlinten mogen niet met de grond in aanraking komen. Ook de spangewichten zijn vetvrij gemaakt en mogen de grond niet raken. De wielen van de spanstatieven lopen op kogellagers, welke voor de meting gecontroleerd moeten worden en zo nodig ingevet. Zorgvuldig moeten de helpers, belast met de zorg voor de spanstatieven, ervoor waken dat er geen zand of vuil in de kogellagers terechtkomt.

De basiseindpunten en sectiegrenspunten worden aangegeven door de letters A, B enz., terwijl in iedere basissectie de piketten worden genummerd van 1 oplopend en wel in dezelfde richting als waarin de lettering geschiedt. Zo is piket C4 dus het 4e piket in de 3e basissectie. De meetstatieven krijgen hetzelfde nummer als het piket of grenspunt waarboven zij staan.

De basismeting vangt aan met het uitzetten van de 7 meetstatieven boven de punten A 1 tot en met A 7. Boven het basisuiteinde A, een betonnen pilaar, behoeft geen statief te worden opgesteld, daar de pilaar van een ingemetselde afleesbout is voorzien. De statieven worden zodanig uitgezet, dat centrering van de afleesbouten boven de spijkerkop in de piket zonder moeite mogelijk is.

Het 8e meetstatief wordt gebezigd voor het waterpasinstrument en wordt opgesteld ongeveer 10 meter vanaf piket A 3, in een richting, loodrecht op de richting van de basis. Op de meetstatieven A 1, A 2 en A 3 worden de afleesbouten aangebracht. Met schietlodens worden deze nauwkeurig gecentreerd boven de spijkerkoppen in de piketten, nadat van te voren met behulp van het doosniveau het onderstel van de afleesbouten horizontaal is gesteld.

De 3 helpers plaatsen vervolgens de waterpasbaken op de afleesbouten van A, A 1 en A 2 met de verdeelde zijde naar het waterpasinstrument gericht. De baken worden loodrecht gehouden met behulp van de doosniveaux nabij de onderzijde van de baak. Het waterpasinstrument is intussen gehorizonteerd en wordt op de baak op punt A gericht en afgelezen. De officier-waarnemer noteert zelf de aflezing. Hierna wordt op de baak gericht welke staat op de afleesbout van A 1, terwijl de helper, welke bij A stond, met zijn waterpasbaak naar A 3 gaat en daar opstelt. Zo worden de aflezingen op de waterpasbaken op A, A 1, A 2 en A 3 genoteerd en kan met de metingen worden aangevangen.

Het is noodzakelijk aan het begin en aan het einde van een meetdag de gebruikte meetlinten onderling te vergelijken, teneinde eventuele lengteveranderingen tijdens een meetdag direct te ontdekken en de desbetreffende waarnemingen over te kunnen meten. Wordt slechts één meetlint gebruikt voor de eigenlijke basismeting, dan worden toch alle 3 meetlinten meegenomen en onderling vergeleken.

Thans worden de spanstatieven geplaatst, ongeveer 1,5 meter van de punten A en A 1 af en wel zo, dat het midden van het spanstatief nabij A precies op het verlengde ligt van de lijn A 1—A en het midden van het spanstatief nabij A 1 precies op het verlengde van de lijn A—A 1. Verder moeten de helpers er op toezien, dat het vlak van het wiel van hun spanstatief eveneens door de punten A en A 1 gaat.

Het meetlint dat voor vergelijking van de te gebruiken linten is meegenomen, wordt nu van zijn trommel afgerold. Hierbij moet de uiterste zorg in acht worden

genomen, daar kinken een meetlint voor lange tijd onbruikbaar maakt. Het lint wordt uitgelopen door een officier, terwijl de trommel door een andere officier wordt belet te snel te draaien. Een helper voorkomt het over de grond slepen van het meetlint. Het lint mag nimmer in de volle hand genomen worden, doch slechts gesteund worden op een uitgestrekte vinger. Nadat het lint is afgerold, neemt de officier bij de trommel het meetlint aan de ring en wordt het lint naar de spanstatieven bij A en A 1 gebracht. De helpers bij de spanstatieven hebben hun gewicht met voorloop gereed en haken de voorloop in de ring van het meetlint met behulp van een musketonhaak. Ze houden het gewicht voorlopig nog in de hand. De voorloop wordt over de vielen van de spanstatieven gelegd en de beide officieren zorgen er voor, dat het meetlint de grond niet raakt en ook de statieven (c.q. in dit geval de betonnen pilaar) niet raken. De spanstatieven zijn zodanig hoog opgesteld, dat, indien het meetlint onder spanning hangt, het juist de afleesbouten op de meetstatieven aanraakt. Dit raken mag niet te zwaar zijn in verband met de wrijving, het meetlint mag echter niet boven de afleesbout vrij hangen. Routine in het plaatsen van de spanstatieven is een vereiste en zal tijdens de dag van proefmetingen opgedaan moeten worden. Op aanwijzing van de leider der meetploeg laten nu de helpers bij de spanstatieven *geleidelijk* de gewichten in de voorlopen hangen, zodat de spanning in het meetlint langzaam en zonder schokken tot het voorgeschreven bedrag toeneemt. Kleine veranderingen in de hoogte van de spanstatieven kunnen nu nog worden aangebracht tot de juiste aanraking met de afleesbouten is verkregen.

Het meetlint hangt thans boven de afleesbouten. In de juiste stand zijn nog net aan beide zijden van het lint de centreerstrepen zichtbaar op de afleesbouten. Kleine verplaatsingen van de spanstatieven in zijdelingse richting kunnen nog nodig zijn om deze juiste stand te bereiken. De juiste aanraking van meetlint en afleesbout wordt gecontroleerd door na te gaan of met een zeer lichte druk van onderen tegen het lint dit vrijkomt van de kop van de bout.

Het meetlint wordt steeds zo tussen de spanstatieven gehangen, dat het nulpunt (en het in millimeters verdeelde stuk van 1 meter) zich aan de voorzijde bevindt en het 24 meter merk aan de achterzijde. Door voorzichtig het wiel van het achterspanstatief door de helper te laten draaien, brengt de achterwaarnemer het 24 meter merk naar de afleesindex toe. Even van te voren waarschuwt hij de voorwaarnemer met „Opgepast”. Op dit sein zorgt de voorwaarnemer, door licht tikken onder tegen het meetlint, dat slepende wrijving op de afleesbout tot een minimum wordt teruggebracht. Zo nodig doet de achterwaarnemer hetzelfde. Het moment van passeren van het 24 meter merk langs de afleesindex wordt aangegeven door de uitroep: „Stop”. De voorwaarnemer leest nu de stand van de voorindex af ten opzichte van het in millimeters verdeelde gedeelte. Met behulp van een kleine afleesloupe schat hij de tienden van millimeters. De achterwaarnemer ziet er op toe, dat tussen „opgepast” en „stop” de beweging van het meetlint zeer langzaam en zeer regelmatig is. Vervolgens wordt het 24 meter merk van de tegengestelde richting als de vorige maal langs de afleesindex bewogen en wordt op dezelfde wijze afgelezen. Deze 2 aflezingen vormen één geheel. Worden meer aflezingen vereist, dan moet een groter aantal van dergelijke dubbelaflezingen worden verricht, waarbij het 24 meter merk afwisselend van de ene en van de andere kant langs de afleesindex wordt bewogen. Het verdient aanbeveling, tenminste 2 dubbelaflezingen te verrichten, aangezien dit weinig meer tijd kost en de nauwkeurigheid zeer ten goede komt.



Het meten van de temperatuur van het meetlint kan op 2 manieren geschieden. Indien het meetlint is geijkt met de thermometers op een bepaalde plaats bevestigd, dan is de opgegeven koordelengte alleen dan juist, indien de thermometers gedurende de metingen op de aangegeven plaatsen zijn aangebracht. Zij kunnen dan iedere maal na het beëindigen van de metingen boven 2 meetstatieven worden afgelezen door vóór- en achterwaarnemer, waarna de aflezingsen door de opschrijver worden genoteerd achter de waargenomen lengten. Zijn de meetlinten zonder de thermometers geijkt, dan moeten deze voor de waarnemingen worden aangebracht op het lint, afgelezen en tijdens de waarnemingen worden afgenomen. Direct na het beëindigen van de metingen worden de thermometers weer aangebracht en gedurende het transport naar de volgende meetstatieven op het lint bevestigd gelaten. Vóór de volgende waarnemingen worden de thermometers weer afgelezen en de waarnemingen genoteerd, waarna de thermometers worden afgenomen. De thermometers dienen niet te dicht bij de waarnemers aangebracht te zijn, teneinde de invloed van hun lichaamswarmte uit te schakelen. Gewaakt dient te worden tegen stof en vet tussen thermometer en meetlint.

*Te allen tijde staan voor- en achterwaarnemer aan die kant van het meetlint, waar zij de cijfers op het lint rechtopstaand afgebeeld zien.*

Halverwege de basissectie verwisselen voor- en achterwaarnemer van plaats. Aan het einde van een basissectie gekomen, wordt dezelfde sectie nogmaals in tegengestelde richting gemeten. Het meetlint moet nu worden omgedraaid, teneinde het 24 meter merk weer aan de achterzijde te brengen. Ook verwisselen voor- en achterwaarnemer weer van functie, hetgeen halverwege de basissectie op de terugweg nogmaals geschiedt. Daar de waarnemers steeds aan een bepaalde zijde van het meetlint moeten staan, zullen zij, doordat het meetlint aan het eind van de sectie is omgedraaid, op de terugweg aan de tegengestelde zijde van de basissectie lopen dan op de heenweg. Bevonden zij zich op de heenweg aan de rechterzijde van de basissectie, gezien in de richting van de basis, dan zijn zij op de terugweg aan de linkerzijde. Hierdoor worden invloeden van de belichting op de aflezingsen enigszins teniet gedaan. De meting van een basissectie in heen- en teruggang kan worden beschouwd als een afgerond geheel.

In de voorgaande alinea werd vooruitgelopen op de wijze van meten van een basissectie, teneinde een beter begrip van de meting te verkrijgen. Thans moet nog worden nagegaan, hoe de meting van één meetlint lengte geschiedt. Het vergelijkingsmeetlint is tussen de punten A en A 1 opgehangen en de lengtemeting van A—A 1 geschiedt nu door tenminste 2 dubbelwaarnemingen als hierboven omschreven. Temperatuur van het lint wordt genoteerd. Na beëindiging hiervan wordt het vergelijkingsmeetlint weer opgerold op de trommel. Hiertoe nemen voor- en achterwaarnemer elk de ring aan een uiteinde van het meetlint in hun vingers, waarna de helpers bij de spanstatieven langzaam hun gewichten optillen en vervolgens de voorloop van het meetlint afhaken. De waarnemers zorgen, dat het lint niet op de grond komt. De trommel wordt gebracht naar de achterwaarnemer, met het 24 meter merk, welke zijn ring in de trommel bevestigt. Hierna wordt het meetlint op de trommel gerold.

Vervolgens wordt het meetlint, waarmee de basis gemeten moet worden, met de reeds omschreven voorzorgen van zijn trommel genomen en tussen de punten A en A 1 opgehangen. De noodzakelijke waarnemingen worden op de voorgeschreven wijze verricht, waarna het lint door de beide waarnemers naar de volgende meet-

statieven wordt gebracht en daar opgehangen. Het hangt nu dus tussen de punten A 1 en A 2. Nadat ook hier gemeten is, wordt het meetlint opgehangen tussen de punten A 2 en A 3. Een der helpers bij het waterpassen tuigt nu de afleesbout boven A 1 af en brengt deze aan boven A 4. Deze afleesbout wordt gecentreerd boven het piket en de centreerstrepen in de richting van de basis gebracht, nadat het onderstuk van de bout is gehorizonteerd. Op de afleesbout wordt nu de waterpasbaak gezet en, nadat zo nodig het waterpasinstrument weer horizontaal is gezet, met dit instrument de baak afgelezen. De officier belast met het waterpassen moet er derhalve nauwlettend op toezien, dat niemand in de nabijheid van het waterpasinstrument komt, aangezien reeds geringe veranderingen in de stand van het statief een andere hoogte van het instrument veroorzaken en zodoende een onjuiste aflezing zouden geven voor de hoogte van A 4 en volgende.

Intussen is door een andere helper het meetstatief van A 1 naar A 8 gebracht en daar opgesteld. Op deze wijze kan geregeld worden doorgemeten. De ploeg met het meetlint vindt voortdurend een gecentreerde en genivelleerde afleesbout gereedstaan op het volgende meetstatief. De officier belast met het waterpassen houdt toezicht op het juiste centreren van de bouten. Het waterpassen gedurende de verdere metingen geschiedt nu als aangegeven in het schema van fig. 5.8.

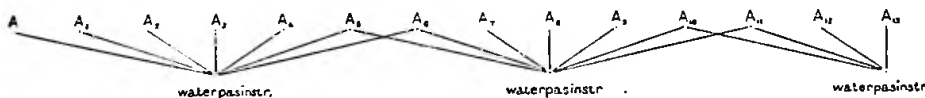


Fig. 5.8

Nadat de afleesbout op A 6 is geplaatst en genivelleerd, terwijl de lengtemeting tussen A 4 en A 5 aan de gang is, wordt het waterpasinstrument met statief gebracht naar een punt ongeveer dwars van A 8 op een afstand van ongeveer 10 meter. Nadat de lengtemetingen tussen A 4 en A 5 gereed zijn, stellen de 3 helpers hun waterpasbaken op A 4, A 5 en A 6 op en worden vanuit de nieuwe opstellingsplaats met het waterpasinstrument de onderlinge hoogteverschillen tussen die punten bepaald. Hierna kunnen de lengtemetingen tussen A 5 en A 6 aanvangen. De afleesbout van A 4 wordt nu naar A 7 gebracht en het meetstatief van A 4 naar A 11.

Uitgaande van de bekende hoogte van A worden de hoogten van A 5 en A 6 door waterpassing vanuit de eerste opstellingsplaats gevonden. De hoogten van de punten A 7 tot en met A 11 worden nu gevonden, door vanuit de tweede opstellingsplaats uit te gaan van de reeds bekende hoogten van A 5 en A 6. Theoretisch zou het voldoende zijn alleen A 6 te benutten om de hoogteligging op de tweede opstellingsplaats over te brengen. Het verdient echter aanbeveling om de beide laatste punten hiervoor te gebruiken, zoals in het schema is aangegeven, aangezien dit een controle is op fouten en het onderling verband tussen de hoogten van de verschillende meetstatieven verstevigt.

Voor het berekenen van de tot de horizon herleide basislengte is het voldoende om de hoogteverschillen tussen de meetstatieven te kennen. Voor het herleiden van de basislengte tot zeeniveau is het noodzakelijk ook de absolute hoogten te kennen. In dat geval moet dus de hoogte van A boven middenstand bekend zijn. Helemaal juist is dit niet, aangezien natuurlijk elk ander punt van de basis mag dienen om de absolute hoogte te bepalen. Eis is echter, dat van alle punten de onderlinge

hoogteverschillen bekend moeten zijn en van één der punten de absolute hoogte. Als punt, waarvan de absolute hoogte wordt bepaald, zal gemeenlijk het punt worden gekozen, dat het dichtst bij een peilschaal is gelegen. De aanwijzing bij middenstand op die peilschaal moet ongeveer bekend zijn. Door een doorgaande waterpassing kan nu de hoogte van het punt boven middenstand worden gevonden. Dit werk kan worden gerangschikt onder de voorbereidende werkzaamheden.

Aan het einde van een meetdag worden de voor de basismeting gebruikte meetlinten weer op de in de aanvang van deze paragraaf beschreven wijze vergeleken met het meetlint van vergelijk. Mochten gedurende de werkzaamheden lengtesprongen in de draden zijn opgetreden, dan treden deze nu aan het licht. Of in zo een geval de metingen overgedaan moeten worden, zal afhangen van de grootte van de sprong, alsmede van de nauwkeurigheid die in de basismeting wordt nagestreefd.

#### 5.5.2.7 *Correcties op de lengtemetingen*

Na de metingen worden de waargenomen lengten van iedere opstellingsplaats gemiddeld, evenals de temperaturen van de beide thermometers. Op deze lengten moeten een aantal correcties worden aangebracht teneinde de meest waarschijnlijke, tot zeeniveau herleide, lengte van de basis te verkrijgen. Hierbij zullen 2 gevallen worden onderscheiden en wel 1°. de beide afleesbouten zijn even hoog, 2°. de beide afleesbouten zijn niet even hoog.

##### 1. Beide afleesbouten zijn even hoog

De door het ijkinstituut opgegeven waarde voor de koordelengte wordt weer aangegeven door  $k_0$ . Deze koordelengte geldt voor de afstand tussen b.v. de deelstrepen 0 en 24 meter. In het terrein is de afstand tussen 2 afleesbouten gemeten. De index op de ene afleesbout komt overeen met het 24 meter merk op het meetlint. De index van de andere afleesbout staat tegenover een aflezing op de millimeterverdeling, welke het gemiddelde is uit een even aantal waarnemingen. Noemen we de aflezing op de millimeterverdeling  $z$ , dan is de afstand tussen de beide afleesbouten gelijk aan de in het terrein geldende koordelengte + de projectie van  $z$  op deze koorde. De grootte van de projectie van  $z$  op de koorde is  $z \cdot \cos \psi$  (zie fig. 5.5). In het geval dat beide afleesbouten even hoog zijn, kan de grootte van  $\cos \psi$  op eenvoudige wijze uit (5.5.2.1b) worden afgeleid, door voor  $x$  in te vullen 12 meter. Uit de zo gevonden  $\tan \psi$  volgt  $\cos \psi$  door  $\sec^2 \psi = 1 + \tan^2 \psi$ . Voor een halve koorde lengte van 12 meter is  $\cos \psi = 0,9995245$ . Voor een halve koordelengte van 12,5 meter is  $\cos \psi = 0,9994839$ . Er moet naar worden gestreefd, de waarde van  $z$  binnen 0 en 50 millimeter te houden.

Nemen we nu voorlopig aan dat de waarde van de koorde in het terrein gelijk is aan  $k_0$ , dan is de voorlopig gemeten lengte dus in het algemeen:

$$k_0 + z \cdot \cos \psi \quad (5.5.2.7a)$$

Op deze voorlopig gemeten lengte moeten nu de ondervolgende correcties worden toegepast, teneinde de ware gemeten lengte te vinden.

##### I. Alignementscorrectie

Staat een der piketten  $a$  cm buiten het uitgezette tracé van de basis, dan moet de projectie van de gemeten lengte op het basistracé worden gevonden. Hiertoë

moet de onderstaande correctie op de voorlopig gemeten lengte worden aan-gebracht:

$$c_1 = -\frac{a^2}{2k_0} \quad (5.5.2.7b)$$

$a$  en  $k_0$  uitgedrukt in centimeters geven de  $c_1$  in centimeters. De correctie is altijd negatief, daar de gemeten lengte altijd groter is dan de geprojecteerde lengte. Staan beide piketten uit de lijn, nl. het ene piket  $a$  cm en het andere piket  $b$  cm, dan volgt de aan te brengen correctie uit:

$$c_2 = -\frac{(a-b)^2}{2k_0} \quad (5.5.2.7c)$$

De waarden van  $a$  voor de verschillende piketten van het tracé kunnen reeds bij het piketteren worden bepaald. Zo mogelijk worden alle  $a$ 's gelijk nul gehouden.

## II. Temperatuurscorrectie

Is de ijking van het meetlint geschied bij een temperatuur  $t_m$ , dan is de correctie welke op de gemeten lengte moet worden toegepast, volgens (5.5.2.2f):

$$c_3 = (b_0 + z) \{ u \cdot dt + \beta \cdot dt (dt + 2t_m) \} \quad (5.5.2.7d)$$

Hierin is  $b_0 + z$  de voor de meting gebruikte lengte van het meetlint,  $dt$  de afwijking van de waargenomen temperatuur  $t$  o. v.  $t_m$  en  $u$  en  $\beta$  gegevens, welke door het ijkinstituut worden verstrekt.  $c_3$  wordt in dezelfde eenheden gevonden als waarin  $b_0 + z$  zijn uitgedrukt. Het teken van  $c_3$  hangt af van het teken van  $dt$ .  $u$  is voor de meeste draden en linten positief, doch in sommige gevallen ook negatief.

## III. Zwaartekrachtscorrectie

Een verandering in de versnelling van de zwaartekracht heeft 2 gevolgen. In de eerste plaats verandert het gewicht van de spangewichten en in de tweede plaats verandert het eigengewicht van de draad. De kettinglijn ontstaat door het optreden van evenwicht tussen de trekspanning en het eigen gewicht van de draad. Veranderen beide een zelfde percentage, dan zal de vorm van de kettinglijn dus *niet* worden beïnvloed. Wel zal door het veranderen van de trekspanning de elastische uitzetting van het meetlint worden gewijzigd. Bij het gebruik van een veerunster om de juiste trekspanning te verkrijgen, wijzigt bij een veranderde versnelling van de zwaartekracht de *trekspanning zich niet*. Wel verandert het eigen gewicht van de draad. Nu krijgt dus de kettinglijn een andere vorm, doch de elastische uitzetting blijft ongewijzigd. Voor de aan boord van de opnemingsvaartuigen verstrekte basismet-uitrusting is alleen het eerste geval van belang. De correctie welke de verandering in elastische uitzetting compenseert, volgt uit (5.5.2.3d):

$$c_4 = \frac{(b_0 + z) \cdot H}{E \cdot D} \frac{dg}{g} \quad (5.5.2.7e)$$

Hierin stelt  $g$  voor de versnelling van de zwaartekracht, waarbij het meetlint is geijkt en  $dg$  de afwijking daarvan ter plaatse van de basismet-uitrusting. De correctie heeft hetzelfde teken als  $dg$ , daar bij grotere  $g$  de uitzetting groter wordt, zodat de lengtemeting te klein is. Aangezien de spangewichten in Nederland geijkt zullen worden op een waarde welke overeenkomt met de spangewichten, welke voor het

ijken van het meetlint zijn gebruikt, is (5.5.2.7e) de enige correctie, welke bij gebruik van gewichten voor een verandering in de versnelling van de zwaartekracht moet worden toegepast. De grootte van dg volgt uit (5.5.2.3b).

#### IV. Correctie voor andere spangewichten

Moeten, om welke reden dan ook, spangewichten worden gebezigd, die, overgebracht naar de plaats van verificatie van het meetlint, aldaar niet hetzelfde gewicht zouden hebben als de spangewichten welke voor het ijken van het meetlint zijn gebruikt, dan moet, behalve  $c_4$ , nog een aanvullende correctie worden toegepast welke uit 2 gedeelten bestaat. Het eerste gedeelte is een gevolg van de verandering van vorm van de kettinglijn en het 2e gedeelte weer een gevolg van de verandering in elastische uitzetting. Deze correctie volgt uit (5.5.2.2i):

$$c_5 = \frac{dH}{H} \left( \frac{1}{3} q^2 k^3 o + \frac{(b_o + z) \cdot H}{E \cdot D} \right) \quad (5.5.2.7i)$$

Hierin is dH de afwijking van het juiste gewicht ter plaatse van de ijking van het meetlint. Het teken van dH bepaalt het teken van  $c_5$ .

Andere correcties dan  $c_1$  tot en met  $c_5$  behoeven bij de horizontale kettinglijn niet te worden toegepast. Voor het opzoeken van  $c_3$  wordt een tabel gemaakt zoals aangegeven in par. 5.5.2.2. De correcties  $c_4$  en  $c_5$  zijn voor alle metingen gelijk, indien voor z een gemiddelde waarde wordt gekozen.

#### Voorbeeld:

Een meetlint is geijkt in Helsingfors op 60° Nb bij een spanning van 10,000 kg en 15° C temperatuur. De lengte van de koorde is bepaald tussen het 0 en 24 meter merk en bevonden te zijn:  $k_o = 23,992631$  meter. De lineaire uitzettingscoëfficiënt  $u_m$  is eveneens bepaald en bevonden:

$$u_m = (0,238 - 0,00051 t) \cdot 10^{-6}$$

Met dit meetlint wordt een basismeting verricht op 2° Nb, waarbij spangewichten worden gebruikt, welke in Delft zijn geijkt op 10,000 kg (breedte Delft 52° Nb).

Op een bepaalde meetplaats wordt op het millimetergedeelte afgelezen 42,2 mm bij een temperatuur van het meetlint van 29°,5 C. Gevraagd wordt de ware afstand tussen beide afleesbouten. Zowel de ijking in Helsingfors als in Delft, alsook de basismeting worden verondersteld op zeeniveau te geschieden. De piketten staan in het tracé, zodat alignementscorrecties niet nodig zijn.

De gegevens welke hierboven staan vermeld, omgezet in de tot nu toe gebruikte notaties, zijn dus:

$$\left. \begin{aligned} k_o &= 23,992631 \\ u &= + 0,238 \cdot 10^{-6} \\ \beta &= - 0,00051 \cdot 10^{-6} \end{aligned} \right\} \text{ van het ijkinstituut}$$

$$\left. \begin{aligned} g_{60^\circ} &= 9,819104 \text{ m/sec}^2 \\ g_{52^\circ} &= 9,812367 \text{ m/sec}^2 \end{aligned} \right\} \text{ uit (5.5.2.3a)}$$

$$\frac{dg}{g} = - 0,003951 \text{ uit (5.5.2.3b), dg tussen } 60^\circ \text{ en } 2^\circ.$$

$$b_o + z = 24 + 0,0422 = 24,0422 \text{ m.}$$

Een gewicht in Delft geijkt op 10 kg heeft in Helsingfors een gewicht van  $10 \cdot \frac{g_{60}}{g_{52}} = 10,0068$  kg, waaruit volgt:  $dH = 0,0068$  kg. Verder is nog  $t_m = 15^\circ$  en  $dt = +14^\circ,5$ .

Met deze gegevens wordt gevonden:

$$c_3 = 24,0422 (0,238 \cdot 10^{-6} \cdot 14,5 - 0,00051 \cdot 10^{-6} \cdot 14,5 \cdot 44,5) = +0,075 \text{ mm}$$

$$c_4 = -\frac{2404,22 \cdot 10 \cdot 0,003951}{1442 \cdot 10^3 \cdot 32,13 \cdot 10^{-3}} = -0,021 \text{ mm}$$

$$c_5 = \frac{6,8}{10000} \left( \frac{1}{3} \cdot 16517 \cdot 10^{-10} \cdot 23,993^3 + 0,0051892 \right) = +0,009 \text{ mm}$$

Verder is (zie par. 5.5.2.7 onder 1)  $z \cdot \cos \psi = 42,18$  mm.

De gecorrigeerde afstand tussen beide afleesbouten bedraagt dus:

$$23,992631 + 0,042180 + 0,000075 + 0,000009 - 0,000021 \text{ meter} = 24,034874 \text{ meter}.$$

## 2. Beide afleesbouten zijn niet even hoog

Over het algemeen zullen hellingen in de koorden van het meetlint tijdens de basismeting niet vermeden kunnen worden. De correcties welke hiervan het noodzakelijk gevolg zijn, worden over het algemeen gevonden door reeksontwikkelingen, welke bij termen van hogere orde worden afgebroken. Deze termen van hogere orde worden verwaarloosd, hetgeen inhoudt dat hierdoor een grens wordt gesteld aan het hoogteverschil tussen de beide afleesbouten, waarop het meetlint steunt. Aangenomen is, dat de helling van de koorde nooit groter zal zijn dan  $3^\circ$ , hetgeen bij een meetlint van 24 meter neerkomt op een maximaal hoogteverschil tussen de afleesbouten van 1,20 meter.

Voor het vinden van de projectie van  $z$  op de koorde moet in dit geval eigenlijk de cosinus van de hoek welke de raaklijn maakt met de koorde worden gebruikt. Deze hoek is bij een onder een hoek  $\beta$  hellende koorde voor te stellen door  $\psi - \beta$  of  $\beta - \psi$ . Zolang echter  $\beta$  de  $3^\circ$  niet overschrijdt en  $z$  niet groter is dan 50 millimeter, kan met voldoende benadering voor de cosinus van deze hoek de waarde worden genomen, welke onder 1 is aangegeven.

Het hellen van de koorde heeft een aantal correcties ten gevolge, die *samen met de hiervoor behandelde correcties  $c_1$  tot en met  $c_5$  toegepast moeten worden.*

## V. Waterpascorrectie

Teneinde de hellende koorde tot een horizontale te herleiden, moet een correctie worden toegepast, welke volgt uit de hierna te geven beschouwing.

Uit fig. 5.5 blijkt, dat  $(x_2 - x_1)^2 = k^2 \beta - h^2$ , waaruit bij benadering volgt:

$$x_2 - x_1 = k\beta \left( 1 - \frac{h^2}{2k^2\beta} - \frac{h^4}{8k^4\beta} \right), \text{ hetgeen oplevert:}$$

$$c_6 = x_2 - x_1 - k\beta = -\frac{h^2}{2k_0} - \frac{h^4}{8k_0^3} \quad (5.5.2.7g)$$

Deze benadering van  $c$  is alleen dan juist, indien  $z = 0$ . Heeft  $z$  echter een

bepaalde waarde, zoals doorgaans het geval zal zijn, dan is nog een aanvullende correctie noodzakelijk, welke wordt gegeven door:

$$c_7 = -\frac{h^2}{2k_0^2} \cdot z + \frac{h^2}{2k_0^3} \cdot z^2 \quad (5.5.2.7h)$$

Uit den aard der zaak zijn beide correcties altijd negatief.

#### VI. Correctie voor deformatie van de kettinglijn

Uit (5.5.2.1f) is reeds gebleken, dat de kettinglijn een deformatie ondergaat tengevolge van de helling van de koorde. De kettinglijn zal zich namelijk dichter tegen de koorde aanvlijen. De hellende koorde is dus langer dan de horizontale. De meetuitkomsten zullen dientengevolge te klein zijn en een positieve correctie is noodzakelijk, welke reeds in (5.5.2.1f) is gegeven:

$$c_8 = \frac{1}{3} h^2 q^2 k_0 \quad (5.5.2.7i)$$

#### VII. Correctie voor toegenomen elastische uitzetting

In (5.5.2.2h) is reeds aangegeven, dat bij hellende koorde de elastische uitzetting een toename ondergaat. De afleiding van de vergelijking zal niet worden gegeven; volstaan zal worden met de vermelding:

$$c_9 = \frac{k_0 \cdot H}{E \cdot D} \cdot \frac{h^2}{2k_0^2} \quad (5.5.2.7j)$$

De correctie is altijd positief, daar door de toename in de uitzetting de meetresultaten te klein zullen uitvallen.

De correcties  $c_1$  tot en met  $c_9$ , alsmede de correctie voor de projectie van het in millimeters afgelezen gedeelte  $z$  op de koorde, moeten op een gemeten lengte, waarvan de uiteinden niet even hoog liggen, worden toegepast.

Hierna moet nog de gehele basislengte worden herleid tot gemiddeld zeeniveau. De correctie welke hiervoor aangebracht moet worden, wordt gegeven door:

$$c_{10} = -B \frac{h_m}{r} \quad (5.5.2.7k)$$

Hierin is  $B$  de basislengte op meethoogte en  $h_m$  de gemiddelde hoogte van de basis boven middenstand. Zijn de hoogteverschillen in de basis aanzienlijk, dan kan de herleiding tot zeeniveau geschieden voor iedere basissectie afzonderlijk en moet voor  $B$  worden gelezen de lengte van de sectie en voor  $h_m$  de gemiddelde hoogte van de sectie. Voor  $r$  moet worden genomen de aardstraal voor de middelbreedte en het azimuth van de basis. De grootte van  $r$  wordt gevonden uit:

$$\frac{1}{r} = \frac{\cos^2 A}{R} + \frac{\sin^2 A}{N} \quad (5.5.2.7l)$$

Hierin zijn  $R$  de hoofdkromtestraal (van de meridiaan) en  $N$  de dwarskromtestraal (loodrecht daarop),  $A$  het azimuth van de basis. Het is voldoende  $A$  in hele graden uit te drukken en voor het opzoeken van  $R$  en  $N$  de middelbreedte van de basis op 5 boogseconden nauwkeurig op te geven. De waarden van  $R$  en  $N$  kunnen in de Hydrografische Tafels (1950) worden opgezocht.

Thans zal nog het voorbeeld onder 1 worden uitgebreid met de veronderstelling, dat  $h = 1,20$  meter en dat alle andere gegevens onveranderd zijn gebleven. De waarden, gevonden voor de correcties  $c_1$  tot en met  $c_5$  zijn dus onveranderd. Daarboven komen nu nog de volgende correcties:

$$c_6 = -\frac{1,2^2}{48} - \frac{1,2^4}{8.13824} = -0,03 - 0,000019 \text{ meter} = -30,019 \text{ mm}$$

$$c_7 = -\frac{144}{115200} \cdot 4,22 + \frac{72}{138240000} \cdot 17,8084 \text{ cm} = -0,052 \text{ mm}$$

$$c_8 = +\frac{1}{3} \cdot 1,44 \cdot 16517 \cdot 10^{-10} \cdot 24 \text{ meter} = +0,019 \text{ mm}$$

$$c_9 = \frac{240}{46331,46} \cdot \frac{1,44}{1152} \text{ meter} = +0,006 \text{ mm}$$

---


$$\text{Totaal} = -30,046 \text{ mm}$$

De gecorrigeerde horizontale afstand tussen beide afleesbouten bedraagt nu dus:  $24,034874 - 0,030046 = 24,004828$  meter.

#### 5.5.2.8 Nauwkeurigheid

Nadat de basis is gemeten, is het noodzakelijk een indruk te verkrijgen van de nauwkeurigheid, waarmee de meting is geschied. De meest voor de hand liggende methode is het bepalen van de middelbare fout in het eindresultaat. Deze kan als volgt worden gevonden.

Hierbij worden de volgende veronderstellingen gemaakt. Een basis bestaat uit  $s$  basissecties, elke sectie uit  $m_s$  meetlintlengten. Aan iedere meetlintlengte worden  $d$  dubbelaflezingen verricht, zoals aangegeven in par. 5.5.2.6. Iedere basissectie wordt  $h$  maal in *heen- en terug*richting gemeten.

Allereerst moet nu de middelbare fout in de enkele meting worden gevonden. Deze wordt als volgt verkregen. Van elke meetlintlengte worden de  $d$  dubbelaflezingen gemiddeld en dit gemiddelde verminderd met respectievelijk de  $2d$  enkelaflezingen, hetgeen  $2d$  verschillen oplevert. In totaal zal de gehele basis  $2d \cdot 2h \cdot m_s$  van dergelijke verschillen geven. Deze verschillen worden gekwadrateerd en opgeteld en vervolgens gedeeld door  $4 \cdot d \cdot h \cdot m_s$ , waarna de wortel uit het quotiënt de middelbare fout in de enkele lengtemeting voorstelt. Waren de verschillen in millimeters uitgedrukt, dan wordt ook de middelbare fout in de enkele lengtemeting in millimeters gevonden. We stellen deze middelbare fout voor door  $\mu$ .

Aannemende dat de waarnemingen correlatievrij zijn, kan de middelbare fout in de gehele basis worden gevonden uit:

$$m^2 = \frac{\mu^2 \cdot s \cdot m_s}{4 \cdot h \cdot d} \quad (5.5.2.8a)$$

$$\text{Voor } \mu = 2 \text{ mm, } s = 10, m_s = 20, h = 1 \text{ en } d = 2 \text{ wordt dus } m^2 = \frac{800}{8} = 100 \text{ mm}$$

en  $m = 10 \text{ mm} = \text{ong. } 1 : 500.000$  bij een meetlintlengte van 25 meter.

Is de basis op geheel dezelfde wijze ook nog met een 2e meetlint gemeten, dan kan ook voor deze basislengte een middelbare fout worden berekend. Zijn de zo



gevonden basislengten  $B_1$  en  $B_2$  en hun middelbare fouten resp.  $m_1$  en  $m_2$ , dan kunnen aan deze basislengten gewichten worden toegekend, welke omgekeerd evenredig zijn met de kwadraten van hun middelbare fouten. De meest waarschijnlijke basislengte  $B$  wordt hieruit dan gevonden met:

$$B = \frac{\frac{1}{m_1^2} \cdot B_1 + \frac{1}{m_2^2} \cdot B_2}{\frac{1}{m_1^2} + \frac{1}{m_2^2}} = \frac{m_2^2 B_1 + m_1^2 B_2}{m_1^2 + m_2^2} \quad (5.5.2.8b)$$

terwijl de middelbare fout in het eindresultaat nu wordt gevonden uit:

$$m_B = \sqrt{\frac{2m_1^2 \cdot m_2^2}{m_1^2 + m_2^2}} \quad (5.5.2.8c)$$

### 5.5.3 Invar basislat

Moet een basis worden gemeten in geaccidenteerd gebied, dan kunnen aan het gebruik van meetlinten onoverkomelijke bezwaren zijn verbonden. Hier kan de invar basislat uitkomst bieden indien althans met een iets mindere nauwkeurigheid volstaan kan worden. Uit rekentechnisch oogpunt heeft de invar basislat daarnaast het grote voordeel, dat alle gemeten afstanden automatisch zijn gereduceerd tot *horizontale afstanden*. Waterpassing van het tracé van de basis is derhalve *overbodig*.

Ook aan het van te voren piketteren van het tracé worden weinig eisen van nauwkeurigheid gesteld. Met behulp van formule (2.2c) en de daarbij behorende grafiek is van te voren bepaald op welke afstand de piketten onderling zullen worden uitgezet. Indien in deze onderlinge afstanden hier en daar verschillen optreden van bijv. 1 meter, dan heeft dit geen enkele invloed op de vlotte gang van zaken tijdens de basismeting en slechts een zeer geringe invloed op de homogeniteit van de metingen. Men is hierdoor minder afhankelijk geworden van de topografie in het tracé.

De meting van de tophoek geschiedt op bijna dezelfde wijze als de meting van 2 richtingen, met dit verschil, dat het bij tophoekmeting op de invar basislat niet nodig is in verschillende kijkerstanden te meten. Wel moet op de normale wijze de rand worden versteld. De minimum tophoekmeting bestaat uit 1 dubbelserie. De metingsvolgorde is daarbij:

RL Linkermeetmerk — Rechtermeetmerk — Rand 90° verstellen,  
RL Rechtermeetmerk — Linkermeetmerk.

Bij 2 dubbelseries is de metingsvolgorde:

RL Linkermeetmerk — Rechtermeetmerk — Rand 45° verstellen,  
RL Rechtermeetmerk — Linkermeetmerk — Rand 45° verstellen,  
RL Linkermeetmerk — Rechtermeetmerk — Rand 45° verstellen,  
RL Rechtermeetmerk — Linkermeetmerk.

Het bedrag waarover de rand moet worden versteld volgt uit 180°, gedeeld door het aantal enkelseries dat moet worden gemeten.

Het vlotte meten van de basis is afhankelijk van de instrumenten waarover men de beschikking heeft. De volgende gevallen kunnen zich daarbij voordoen:

1. Men beschikt over 1 *theodoliet*, 1 *basislat* en 2 *statieven*.



Fig. 5.9

Men plaatst in fig. 5.9 de basislat met statief boven piketpaaltje no 1, waarbij zeer zuiver gecentreerd wordt. De theodoliet met statief wordt boven piketpaaltje no. 2 geplaatst, waarbij minder angstvallig gecentreerd behoeft te worden. De afstand 1—2 wordt in het voorgeschreven aantal dubbelseries gemeten. Daarna gaat B naar 3, waarbij ook niet meer de uiterste nauwkeurigheid in het centreren betracht behoeft te worden en wordt 2—3 gemeten. Vervolgens gaat T naar 4, de basislat in 3 wordt 180° gedraaid en 4—3 wordt gemeten. Op deze manier wordt de gehele basis gemeten. Deze methode heeft het voordeel, dat alleen in begin- en eindpunt zuiver gecentreerd behoeft te worden.

2. Men beschikt over hetzelfde instrumentarium als in 1.

Nu kan ook worden gemeten als aangegeven in het schema in fig. 5.10. Eerst wordt de theodoliet in 1 en de basislat in 2 geplaatst en wordt 1—2 gemeten. Daarna

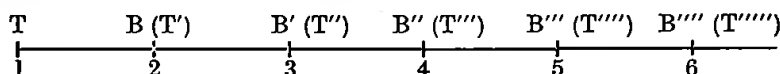


Fig. 5.10

gaat B naar 3 en T naar 2, waarna 2—3 gemeten kan worden. Hierbij kan men het statief van B in 2 laten staan, teneinde T er op te kunnen plaatsen. Het statief van T boven 1 gaat dan naar 3 om B er op te kunnen zetten. Deze methode vereist een zeer nauwkeurige centrering boven iedere standplaats en is slechts zonder kans op ernstige onnauwkeurigheden bruikbaar, indien men de beschikking heeft over een inrichting tot *dwangcentrering*. Met de dwangcentrering wordt bereikt, dat de theodoliet in 2 precies boven hetzelfde punt komt te staan als waar de basislat boven stond bij de meting van 1—2. Op de aan boord verstrekte theodolieten Wild T2 en invar basislatten is een inrichting voor dwangcentrering aanwezig.

3. Men beschikt over 1 *theodoliet*, 1 *basislat* en 3 *statieven*.

Men kan nu de meetmethode volgens 1 of volgens 2 toepassen, met dit verschil, dat nu in beide gevallen reeds boven piket no. 3 een statief opgesteld staat, zodat het plaatsen van het instrument daarop minder tijd in beslag neemt. Nadat het statief boven no. 1 is vrijgekomen, wordt dit naar no. 4 gebracht. De metingen zullen dus vlotter verlopen.

4. Men beschikt over 1 *theodoliet*, 2 *basislatten* en 3 *statieven*.

Hiermede kan een zeer snelle werkwijze worden verkregen. Het schema van fig. 5.11 geeft aan, hoe thans gemeten moet worden. Boven 1 wordt de 1e basislat,

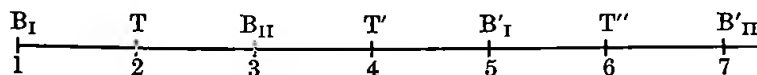


Fig. 5.11

boven 2 de theodoliet en boven 3 de 2e basislat opgesteld. Is 2—1 gemeten, dan gaat B<sub>1</sub> reeds naar 5, terwijl 2—3 wordt gemeten. Hierna gaat T naar 4 enz. Deze werkwijze is zeer snel, terwijl alleen boven begin- en eindpunt zorgvuldig gecentreerd behoeft te worden.

Als minimum sterkte voor een meetploeg kan worden aangenomen: 1 officier-waarnemer, 1 opschrijver, zo nodig een officier, welke dan tevens als 2e waarnemer op kan treden, en evenveel helpers als er statieven zijn.

Teneinde systematische invloeden zoveel mogelijk uit de resultaten te weren, verdient het aanbeveling een basismeting zo mogelijk bij bedekte lucht uit te voeren. Onder geen beding mag worden gemeten bij wisselende bewolking, waarbij het statief van de theodoliet afwisselend in de zonneschijn of in de schaduw staat. Zelfs een parasol boven het instrument en statief is niet in staat de zeer onregelmatige en aanzienlijke pijlerdraaiing in dat geval tegen te gaan. Verder dient het terrein van de meting zodanig te worden gekozen, dat het tracé niet langs een bosrand loopt of langs een rivier, teneinde geen hinder te hebben van optredende zijdelingse refractie. Een terrein met een *egale kleur* verdient uit dien hoofde de voorkeur, terwijl om dezelfde reden het meten *langs* hellingen moet worden voorkomen.

Door het meten van een basis zowel in heen- als in teruggang wordt er naar gestreefd de invloeden van belichting e. a. op de meetresultaten zo goed mogelijk te elimineren. Een basis moet derhalve altijd een even aantal malen worden gemeten, waarvan de helft in heengang en de andere helft in teruggang.

Ook een niet-parallaxvrije afbeelding van meetmerk en kruisdraden kan systematisch de tophoekmeting beïnvloeden. Dit zal eerder bij jonge waarnemers dan bij oudere plaats vinden, aangezien een jonge waarnemer door het grote accommodatievermogen van zijn ogen de afbeelding eerder parallaxvrij zal beoordelen. Vooral deze categorie van waarnemers wordt daarom gewaarschuwd zeer veel zorg te besteden aan het instellen van de optiek van de theodoliet.

Verder is er nog een groep van systematische invloeden, welke niet door een bepaald meetschema kunnen worden geëlimineerd. Hiertoe behoren onder meer de excentriciteitsfouten in de draaiingsassen van de basislat en de theodoliet, alsmede fouten in de juiste afstand tussen de meetmerken van de basislat.

Hiervan is de eerste fout de grootste en kan een waarde bereiken van 0,1 mm. Iedere maal dat de basislat 180° wordt gedraaid, zal er in dat geval dus een fout in afstand van 0,2 mm gemaakt kunnen worden. De excentriciteitsfout in de draaiingsas van de theodoliet is zeer veel kleiner en bereikt hoogstens een waarde van 0,007 mm. De systematische invloed hiervan kan worden verwaarloosd. Ook de fouten in afstand tussen beide meetmerken van de basislat zijn zo gering, dat hun invloed op de meetresultaten verwaarloosd mogen worden.

Een inzicht in de grootte van de excentriciteitsfout in de draaiingsas van de basislat kan als volgt worden verkregen. Een afstand van bijv. 72 meter wordt met behulp van een invar meetlint zeer nauwkeurig gemeten en aan de beide uiteinden gemarkeerd door een statief met daarop de inrichting voor dwangcentering. Deze afstand wordt nu op 3 verschillende wijzen, zoals aangegeven in fig. 5.12, met de basislat nagemeten.

Door de dwangcentering op de uiteinden wordt door de theodoliet steeds precies dezelfde stand ingenomen. De tussencentreringen zijn van minder belang, indien het alignement juist is. Bij de eerste wijze van meten wordt de basislat 1 maal gedraaid, bij de tweede wijze 2 maal en bij de derde wijze 3 maal. Indien geen andere

foutenbronnen aanwezig zijn, moeten de op die manier gevonden resultaten voor de afstand van 72 meter verschillen opleveren, welke bij de derde wijze van meten drie maal zo groot zijn als bij de eerste wijze van meten; de verschillen natuurlijk te rekenen ten opzichte van de afstand, welke met het invar meetlint is gevonden.

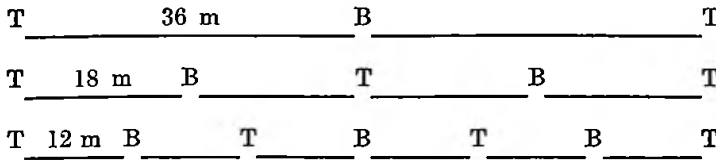


Fig. 5.12

Op die manier krijgt men de waarde van 1 maal, 2 maal en 3 maal de dubbele excentriciteit. Het is duidelijk, dat gedurende de gehele meting de inrichting voor dwangcentrering op de uiteinden niet mag worden weggenomen.

Een dergelijke excentriciteitsbepaling behoeft slechts éénmaal voor een bepaald instrument te worden uitgevoerd en kan verder altijd als constant aangenomen worden. Bij basismetingen waarbij de basislat steeds 180° draait, moet de dubbele waarde van de excentriciteit dan als correctie op de afstand worden toegepast en wel evenveel malen als de basislat 180° gedraaid moet worden.

Hoewel met formule (2.2c) en de daarbij behorende grafiek bepaald werd hoe de basismeting moest geschieden, teneinde een bepaalde nauwkeurigheid in het eindresultaat te bereiken, is het toch noodzakelijk na afloop van de metingen na te gaan of de nagestreefde nauwkeurigheid inderdaad werd bereikt. Dit geschiedt op geheel analoge wijze als in par. 5.5.2.8 werd aangegeven.

Uit het totaal der gemeten tophoeken wordt een middelbare fout in de enkele tophoeksmeting berekend en deze omgezet in lengtemaat. Dit kan gedaan worden door in de „afstandtabel” na te gaan met welke afstandwijziging een wijziging in tophoek, ter grootte van de middelbare fout, overeenkomt bij de gebruikte afstand tussen theodoliet en basislat. De middelbare fout in de gehele basis wordt dan gevonden uit:

$$m^2 = \frac{\mu^2 \cdot s \cdot m_e}{4 \cdot h \cdot d} \quad (5.5.3a)$$

waarin  $\mu$  de middelbare fout voorstelt in de enkele tophoeksmeting omgerekend in lengtemaat,  $s$  het aantal secties waarin de basis is verdeeld,  $m_e$  het aantal slaglengten in één sectie,  $h$  het aantal heen- en terugmetingen van de basis en  $d$  het aantal dubbelseries waarin de tophoek is waargenomen.

Indien men echter over 1 theodoliet, 2 basislatten en 3 statieven beschikt, is er nog een andere methode om zeer snel grote afstanden te meten met een redelijke nauwkeurigheid. De wijze waarop dit geschiedt, is in fig. 5.13 aangegeven. Hierin zijn  $B_1$  en  $B_2$  opstellingen van de basislat,  $T_1$ ,  $T_2$  en  $T_3$  opstellingen van de theodoliet. In eerste instantie zijn beide basislatten in  $B_1$  en  $B_2$  en de theodoliet in  $T_1$  opgesteld. Noemen we de lengte van de basislat  $b$ , dan wordt de afstand  $a$  gevonden uit:

$$a = b \cdot \cotg \frac{1}{2}\beta, \quad (5.5.3b)$$

§ 5.5.3

waarbij is aangenomen, dat  $T_1$  halverwege  $B_1$  en  $B_2$  is opgesteld. Verder is aangenomen, dat  $T_1$  eveneens halverwege  $T_2$  en  $T_3$  staat, zodat de afstand  $c$  wordt gevonden uit:

$$c = a \cdot \cotg \frac{1}{2} \alpha = b \cdot \cotg \frac{1}{2} \beta \cdot \cotg \frac{1}{2} \alpha \quad (5.5.3c)$$

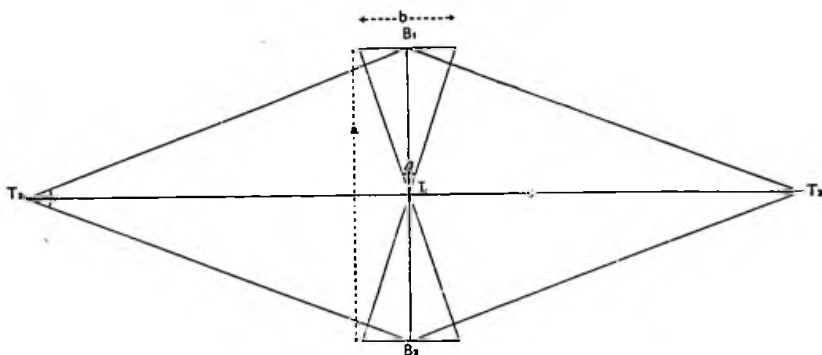


Fig. 5.13

Door de aanname dat  $\alpha = \beta$ , gaat (5.5.3c) over in:

$$c = b \cdot \cotg^2 \frac{1}{2} \beta \quad (5.5.3d)$$

De aanname, dat beide tophoeken even groot zijn, houdt in dat

$$a : b = c : a \text{ of } a^2 = b \cdot c \quad (5.5.3e)$$

Indien de middelbare fout in de lengte van de basislat wordt verwaarloosd, wordt de middelbare fout in de lengte van  $c$  gevonden door differentiatie van (5.5.3d) naar  $\beta$ , gevende:

$$\mu_c = b \cdot \cotg \frac{1}{2} \beta \cdot \operatorname{cosec}^2 \frac{1}{2} \beta \cdot \frac{\mu_\beta}{\varrho} \quad (5.5.3f)$$

Hierin is  $\mu_c$  de middelbare fout in de lengte  $c$ ,  $\mu_\beta$  de middelbare fout in de tophoek  $\beta$  en  $\varrho = 206265''$ . Daar  $\beta$  een kleine hoek is, kan met voldoende benadering worden geschreven  $\cotg \frac{1}{2} \beta = \operatorname{cosec} \frac{1}{2} \beta$ , waardoor (5.5.3f) overgaat in:

$$\mu_c = b \cdot \cotg^3 \frac{1}{2} \beta \cdot \frac{\mu_\beta}{\varrho} \quad (5.5.3g)$$

Uit de figuur volgt nu, dat  $\cotg \frac{1}{2} \beta = \frac{a}{b}$ , waaruit volgens (5.5.3e) volgt:

$$\mu_c = \frac{b \cdot c}{b} \sqrt{\frac{c}{b}} \cdot \frac{\mu_\beta}{\varrho} = \frac{c}{b} \sqrt{cb} \frac{\mu_\beta}{\varrho} \quad (5.5.3h)$$

Voor  $b = 2$  meter en  $\varrho = 206265''$  gaat (5.5.3h) over in:

$$\mu_c = 3,432 \cdot 10^{-6} \cdot c \sqrt{c} \cdot \mu_\beta \quad (5.5.3i)$$

Voor een lengte van  $c$  van 1000 meter wordt  $\mu_c$  volgens (5.5.3i) 0,108 meter overeenkomend met een relatieve nauwkeurigheid van 1 : 9200. Hierbij is aangenomen, dat  $\mu_\beta = 1''$ . Met dezelfde aanname wordt bij een lengte van  $c$  van 400 meter een relatieve nauwkeurigheid van 1 : 15000 gevonden.

Wordt nu een stuk van 4000 meter gemeten in 4 stukken van 1000 meter op bovenomschreven wijze, dan wordt een relatieve nauwkeurigheid bereikt van 1 : 18 400. Wordt hetzelfde stuk echter gemeten in gedeelten van 400 meter, dan wordt een relatieve nauwkeurigheid verkregen van 1 : 47 400.

Teneinde de hoek  $\alpha$  zo zuiver mogelijk te kunnen meten, blijven de beide basislatten op hun opstellingen  $B_1$  en  $B_2$  staan. Alleen worden zij gedraaid tot loodrecht op de richting  $T_2-B_1$  en  $T_2-B_2$  en nadat vanuit  $T_2$  de tophoek gemeten is, worden zij gedraaid tot loodrecht op de richting  $T_3-B_1$  resp.  $T_3-B_2$ , waarna de tophoek vanuit  $T_3$  gemeten kan worden. De richting van de benen van hoek  $\alpha$  worden nu gevonden door het middelen van de richtingen waarin het linker- en rechter meetmerk van de basislat zijn waargenomen. Hierdoor zijn alle moeilijkheden van zuiver centreren omzeild en worden zeer nauwkeurige richtingen voor de benen van tophoek  $\alpha$  gevonden. Deze oplossing van het centreerprobleem is afkomstig van de Franse ingénieur-géomètre A. Wolf.

Nadat beslist is, hoe lang het stuk  $T_2-T_3$  gekozen moet worden, volgt de grootte van de afstand  $B_1-B_2$  onmiddellijk uit (5.5.3e). Zo is voor  $c = 1000$  meter,  $a = 44,7$  meter en voor  $c = 400$  meter wordt  $a = 28,3$  meter. Het uitzetten van de piketten geschiedt nu als volgt. Met een theodoliet in  $T_2$  en een meetband worden de piketten  $T_1$  en  $T_3$  en eventueel alle verdere piketten uitgezet. Vervolgens wordt de theodoliet opgesteld in  $T_1$  en wordt de richting  $T_1-B_1$  en  $T_1-B_2$  loodrecht op de richting  $T_2-T_3$  uitgezet en met behulp van een meetband worden de piketten in  $B_1$  en  $B_2$  geplaatst en daarboven de beide basislatten. Hierna kan met de meting worden aangevangen.

#### 5.5.4 Tachymeter

Voor de basismetring met een tachymeter is nodig een theodoliet, voorzien van afstanddraden en 2 centimeterbaken of waterpasbaken. Het tracé van de basis is weer door piketten aangegeven, welke piketten op onderling gelijke afstanden zijn uitgezet. Deze afstanden zijn zodanig, dat met de theodoliet staande boven het ene piket zonder moeite nog millimeters zijn te schatten op de centimeterbaak, welke boven het volgende piket is opgesteld.

Naarmate de onderlinge afstand tussen de piketten kleiner is zal de lengtemeting nauwkeuriger zijn, doch zal het aantal metingen, dat voor het overbruggen van een bepaalde afstand nodig is, toenemen. Hierdoor worden weer onnauwkeurigheden in het uiteindelijk resultaat geïntroduceerd.

Zo nauwkeurig mogelijk wordt het aantal verdelingen afgelezen, dat tussen de afstanddraden is begrepen bij horizontale stand van de theodoliet. Teneinde controle te verkrijgen en tevens een groter nauwkeurigheid, wordt de theodoliet hierna een weinig omhoog of omlaag gericht, zodat een stel aflezingen wordt verkregen, dat enige millimeters boven of beneden de eerste is gelegen.

De afstand tussen de verticale as van de theodoliet en de waterpasbaak wordt nu gevonden uit:

$$D = A + B \cdot d \quad (5.5.4a)$$

Hierin stelt D de horizontale afstand voor, A een optelconstante, B een vermenigvuldigingsconstante en d de op de waterpasbaak afgelezen afstand. Normaal zal B in de buurt van 100 liggen en A een paar centimeter bedragen. Deze waarden behoren bij een theodoliet te zijn opgegeven, doch hierop mag niet worden vertrouwd. Het verdient aanbeveling deze constanten op de verversingsplaats te bepalen, waarbij met behulp van de tachymeter tenminste een tweetal nauwkeurig bekende afstanden worden gemeten. Hierdoor worden tenminste 2 vergelijkingen met de 2 onbekenden A en B verkregen, waaruit de meest waarschijnlijke waarden voor A en B opgelost kunnen worden.

Voor een meetploeg zijn benodigd een officier-waarnemer, 1 opschrijver en 2 helpers bij de baken. De meting geschiedt door een der baken boven het basisuiteinde op te stellen en de theodoliet boven de eerstvolgende piket. De andere waterpasbaak wordt op het dan volgende piket opgesteld. De opeenvolgende opstellingsplaatsen zijn aangegeven in het schema van fig. 5.14.

| $W_I$ | T | $W_{II}$ | $T'$ | $W'_I$ | $T''$ | $W'_{II}$ |
|-------|---|----------|------|--------|-------|-----------|
| 1     | 2 | 3        | 4    | 5      | 6     | 7         |

Fig. 5.14

Nadat de afstand 2—1 is gemeten, begeeft de helper met  $W_I$  zich naar 5, de theodoliet wordt  $180^\circ$  gedraaid en de afstand 2—3 wordt gemeten. Hierna gaat de theodoliet naar 4 en wordt  $W_{II}$   $180^\circ$  gedraaid, waarna 4—3 gemeten kan worden. Vervolgens gaat de helper met  $W_{II}$  naar 7, de theodoliet wordt  $180^\circ$  gedraaid en de afstand 4—5 kan gemeten worden. Op deze manier wordt de gehele basis gemeten. De helpers hebben een briefje, waar hun verschillende opstellingsplaatsen op zijn aangegeven, bij zich.

Deze wijze van basismeten is slechts geschikt voor kleinere triangulaties, welke in een reeds bestaande moeten worden ingepast, derhalve voor plaatselijk revisiewerk. Voor triangulaties van enige omvang en voor triangulaties welke niet kunnen worden aangesloten aan reeds bestaande, mag deze wijze van basismeten niet worden toegepast. De relatieve nauwkeurigheid, welke met zorgvuldig meten bereikt kan worden, is ongeveer 1 : 5000. De snelheid van meten is echter aanzienlijk hoger dan bij meetlinten of invar-basislat.

### 5.5.5 Tuighoogte

Voor de basismeting met behulp van tuighoogte gelden dezelfde restricties als genoemd in de laatste alinea van 5.5.4.

Deze wijze van meten van een basis geschiedt bij voorkeur door het schip, hetzij vertuid, hetzij met de ketting op en neer gedraaid, dan wel gemeerd, zodanig te leggen, dat het met twee baktentjes aan de wal een gunstige driehoek vormt. Men zorg daarbij dat het schip rechtop ligt en dat de afstanden van het schip tot de baktentjes ongeveer 50 maal de tuighoogte niet overschrijden. Vervolgens meet men op sein enige malen de drie hoeken van de driehoek en de beide tuighoogten uit de baktentjes. Zijn er slechts drie waarnemers beschikbaar, dan worden de tuighoogten onmiddellijk vóór en na de hoeken gemeten. Men meet de tuighoogten zo mogelijk aan weerszijden van de nul van de sextantverdeling en niet ten opzichte van de waterlijn, doch ten opzichte van een tuighoogtemerk, dat duidelijk zichtbaar op de onderzijde van de romp even boven de toegeladen lastlijn van het schip is

geschilderd. De hoeken worden gemeten op het topteken en vanaf een punt loodrecht daaronder.

Indien niet met grote zekerheid bekend, wordt de tuighoogte vóór de metingen opnieuw bepaald, hetgeen op verschillende manieren kan geschieden. Op de meest doeltreffende wijze kan dit als volgt plaats hebben.

Het schip dient in rustig water langs een steiger gemeerd te liggen. Aan boord mag zo min mogelijk heen en weer gelopen worden, zodat de beste tijd voor de tuighoogtebepaling is de periode van middagrust voor de bemanning. Het schip moet zo recht mogelijk gelegd worden, hetgeen met een waterpaskwadrant op een geschikt horizontaal pasvlak te controleren is. Het water- of brandstofladen en het overpompen van tanks mag na het rechtleggen natuurlijk niet plaats hebben.

Op de wal zet men evenwijdig aan het schip op een afstand van ongeveer 100 meter met meetlint nauwkeurig een basis van  $\pm 100$  meter uit. In beide basis-eindpunten, die men zo veel mogelijk symmetrisch t.o.v. de mast met topteken kiest, plaatst men een theodoliet, waarvan de indexfout van de verticale alhidade zo klein mogelijk gemaakt is. Met de goed gehorizonteerde instrumenten richten beide waarnemers op het midden van de bovenkant van het topteken. De horizontale en verticale randverdelingen worden afgelezen en genoteerd. (Er aan denken het niveau van de verticale alhidade zuiver te laten inspelen!)

In deze stand brengt men de kijker met vastgeklemd eerste as in horizontale stand, zodat na inspelings van het niveau van de verticale alhidade precies  $0^\circ$  of  $90^\circ$  op de verticale randverdeling wordt afgelezen. De kijkeras is nu zuiver horizontaal en men is gericht op een punt van de romp in de verticaal door het topteken in de nabijheid van het tuighoogtemerk. Een bij dit merk geposteerde helper trekt op aanwijzing van de ene waarnemer een krijtstreep ter hoogte van het punt waarop de theodoliet gericht is. Op aanwijzing van de andere waarnemer wordt eveneens een krijtstreep getrokken, zo mogelijk in verschillende kleur of op andere wijze van de eerste krijtstreep te onderscheiden. Op deze wijze heeft men vanuit beide basispunten de verticale hoek gemeten tussen de bovenkant van het topteken tot een punt loodrecht onder het topteken.

Nu richt men de theodolieten op elkaar, leest de horizontale rand van beide instrumenten af waardoor de 2 aanliggende hoeken van de gemeten basis bepaald zijn. Met deze gegevens kunnen de afstanden berekend worden van beide basispunten tot eerdergenoemd punt loodrecht onder het topteken. Met deze afstanden en de gemeten verticale hoeken worden 2 hoogten van het topteken gevonden boven het horizontale vlak door de bijbehorende krijtstrepen op de romp. Nadat de hoogten van deze strepen boven het tuighoogtemerk zijn bepaald, is voor de tuighoogte een tweetal waarden bekend, waarvan het gemiddelde wordt genomen. Met doorgeslagen kijker herhaalt men de gehele meting. Het resultaat hiervan wordt gemiddeld met de uitkomst van de eerste meting.

Beschikt men over een invarbasislat dan kan de beschreven tuighoogtemeting met 1 theodoliet plaats vinden. De basislat wordt zo dicht mogelijk bij de mast in de richting mast-theodoliet opgesteld. De theodoliet plaatst men op de wal in dwars-scheepse richting van de mast. De basislat wordt met het kijkertje op de 1e as van de theodoliet gericht zodat de afstand tussen beiden gemeten kan worden. Hierbij moet nog opgeteld worden de afstand hartlijn mast tot 1e as basislat, waardoor de horizontale afstand theodoliet tot mast verkregen wordt. Op de reeds beschreven wijze kan nu de tuighoogte bepaald worden.



Uit de hoekmetingen volgt de vorm van de driehoek, terwijl de metingen van de tuighoogten de lengten geven van de beide opstaande zijden, waaruit dus 2 waarden voor de basis volgen, welke bij voldoende overeenstemming kunnen worden gemiddeld. Voor elk stel waarnemingen wordt een dergelijk gemiddelde waarde voor de basis verkregen, waaruit het uiteindelijk resultaat door middeling verkregen wordt. Grotere relatieve nauwkeurigheid dan 1 : 1500 kan met deze methode niet worden verwacht.

### 5.5.6 Afstandmeter

Het gebruik van een afstandmeter voor basismeetdoeleinden moet worden ontraden. Het instrument is voortdurend aan ontregelingen onderhevig, welke voor het bepalen van een afstand tot de kustlijn vanuit de sloep van weinig betekenis zijn, doch die bij basismeting door hun systematische invloed niet te tolereren zijn. Daarbij zijn de mogelijkheden van juist centreren slechts gebrekkig aanwezig. Kan echter voor een zeer kleine plaatselijke triangulatie worden volstaan met een nauwkeurigheid in de basismeting tussen 1 : 500 en 1 : 1000, dan kan de afstandmeter worden gebruikt. Hierbij kan slechts met geoefende waarnemers worden gemeten, terwijl het instrument op een statief moet worden opgesteld.

### 5.5.7 Spandraadinrichting

Hiermede kunnen afstanden op zee worden gemeten buiten zicht van land, zodat deze methode van lengtemeting zeer geschikt is voor het meten van bases ten behoeve van een drijfbakentriangulatie. Daarnaast heeft de spandraadinrichting reeds vele waardevolle diensten bewezen bij het aansluiten van eilanden aan de triangulatie op de vaste wal.

Nadat het gereedmaken van het toestel is geschied, zoals aangegeven in par. 2.4, wordt het schip in de juiste positie gebracht voor het aanvangen van de eerste meetrun. Aangenomen wordt, dat een basis moet worden gemeten tussen 2 drijfbakens. Van te voren is bij ten anker liggend schip, of in de buurt van een drijfbaken, stroomsterkte en -richting bepaald, teneinde de juiste opstuurhoek tussen beide drijfbakens te kennen.

Tevens is van te voren een proefrun gemaakt over het te meten traject, teneinde een indruk te krijgen van de diepte en de diepteverschillen. De gunstigste omstandigheid voor een nauwkeurige lengtemeting is een gelijkmatige diepte. Is de zeebodem vlak doch hellend, dan moet de meting aangevangen worden aan de diepste zijde. De nauwkeurigheid in de meting hangt nl. af van de constante hoek, waaronder de draad het achterste horizontale geleidewiel verlaat. Is deze hoek dezelfde gedurende de gehele meting, dan kan met enige zekerheid gezegd worden, dat de teller de horizontaal afgelegde afstand aangeeft. Is de diepte op beide basiseindpunten aanzienlijk verschillend, dan zal de hoek minder veranderen, wanneer van het diepe naar het ondiepe gedeelte wordt gestoomd.

De „meetploeg” bestaat uit minimum 3 personen, nl. de officier van de wacht op de brug en 2 helpers achteruit. Eén van de helpers viert het anker, bestaande uit samengebonden roosterijzers met een gewicht van ongeveer 50 kg, af tot vlak boven de waterlijn en brengt na gereedheid de officier van de wacht hiervan op de hoogte. De andere helper staat bij de rem op de trommelstandaard. De rem staat vast.

De officier van de wacht brengt het schip naar de plaats van waaruit de aanvangsrun begint. Onder aanvangsrun wordt verstaan het gedeelte van de run, dat aan

de meetrun voorafgaat. Hierdoor wordt verkregen, dat bij het passeren van het eerste baak, de draad reeds volgens de goede hoek het schip verlaat. De lengte van de aanvangsrun is dus afhankelijk van de diepte en moet worden gesteld op ongeveer 0,25 zeemijl bij diepten tot 50 meter, bij toenemende diepte geleidelijk aangroeiend tot 1 zeemijl voor een diepte van 200 meter.

Op het juiste punt aangekomen geeft de officier van de wacht met fluit of sirene, c.q. in gebieden met scheepvaart met een bel, naar achteruit een afgesproken signaal om het anker te laten zakken. De helper aan de rem draait hierop de vleugelmooeren van de remband zover los, dat het anker langzaam naar beneden zakt. Het schip ligt hierbij gestopt of loopt geringe vaart over de voorstevan. Bij afvieren met gestopt schip houdt de 2e helper de draad in het oog en waarschuwt de brug onmiddellijk als er gevaar dreigt, dat de draad in de schroef terechtkomt. Het plotseling stoppen van de vliegerarm geeft het moment aan, dat het anker de bodem heeft bereikt, welk moment direct naar de officier van de wacht wordt doorgegeven.

De stand van de teller wordt nu door de 2e helper genoteerd. Het verdient aanbeveling hier een 3e man bij in te schakelen, zodat 2 onafhankelijke waarnemingen van de teller worden verricht. Beide schrijven hun waarnemingen op in een notitieboekje. De officier van de wacht zorgt er voor, dat het schip *zeer geleidelijk* vaart vermeerderd. De maximum snelheid tijdens een meting met de spandraadinrichting mag niet groter zijn dan 9 knopen. Deze snelheid moet zijn bereikt op het moment van passeren van het eerste drijfbaken. De vaart mag derhalve ook niet te langzaam toenemen. Neemt de vaart te snel toe, dan bestaat gevaar voor krabben van het anker. Terwijl de vaart toeneemt, remt de helper de draad zo veel af, dat bij het bereiken van de meetvaart een spanning op de draad staat van 36 tot 40 lbs, welke afgelezen kan worden op de dynamometerschaal. Bij bewogen zee wordt hiervoor de onderste grens aangehouden, teneinde geen plotselinge grote spanningstoenamen op de draad te krijgen met het gevaar van breken, of krabben van het anker.

De officier van de wacht stuurt het schip in de berekende meetkoers naar het eerste drijfbaken en verandert op het laatste moment een weinig koers, waardoor het schip 10 tot 15 meter benedenstrooms van het baken passeert. Hierna wordt weer de berekende meetkoers voorgelegd. Tijdig voor het passeren worden de beide helpers, belast met het aflezen van de teller, door een signaal gewaarschuwd en houden de teller nauwkeurig in het oog. Het moment van passeren wordt op de brug bepaald door de officier van de wacht of door een toegevoegd officier en met een belsignaal doorgegeven naar achteruit, waar de teller door beide helpers wordt afgelezen en de aflezingen genoteerd. Na het noteren vergelijken de helpers hun waarnemingen. Zijn hierin grote verschillen ten gevolge van een foute aflezing van één hunner, welke niet meer te controleren is, dan wordt de run afgebroken en opnieuw gemaakt. Ook indien hun waarnemingen in overeenstemming zijn, berichten zij de officier van de wacht hiervan.

Zodra het andere uiteinde van de basis in zicht komt, wordt, indien zulks nodig mocht blijken, de koers geleidelijk gecorrigeerd. De helpers achteruit worden weer gewaarschuwd van het aanstaande passeren van het baken en stellen zich op. Direct na het passeren vergelijken zij weer hun aantekeningen en indien deze in orde zijn bevonden, kappen zij de draad. Dit gebeurt door een stuk ijzer onder de draad te leggen en met koubeitel en hamer deze met een snelle slag door te hakken. Zodra de draad gekapt is, gaat het telwiel zeer snel draaien, hetgeen met een lichte druk tegen de zijkant ervan direct moet worden gestopt, teneinde een juist beeld te

behouden van de hoeveelheid draad, welke van de trommel is gebruikt. De stand van de teller wordt nu voor de laatste maal genoteerd.

Wordt de meetrun na het passeren van het 2e drijfbaken nog voortgezet naar een 3e drijfbaken, dan bepalen de helpers achteruit zich tot het aflezen van de teller, het vergelijken van hun genoteerde waarnemingen en het inlichten van de officier van de wacht hierover. Zij behoren dus van te voren hiervan op de hoogte te zijn gebracht. Het kan nu nodig blijken, dat voor het sturen van de juiste meetkoers tussen 2e en 3e baken de koers wordt gewijzigd. Dit is tot op zekere hoogte geen bezwaar. De zijdelingse weerstand van de draad in het water is zo groot, dat koersveranderingen tot 10° de metingen niet beïnvloeden. Worden grotere koerswijzigingen verwacht, dan moet de meetvaart kleiner worden gekozen.

Gedurende de gehele meetrun zijn koers en vaart zoveel mogelijk constant te houden. Het stomen van een deccalane kan hierbij een zeer goede oplossing zijn. Spandraadmetingen moeten nooit worden aangevangen, indien het niet zeker is, dat zij vóór donker beëindigd kunnen worden. Ook bij kans op mist moet niet worden gemeten.

De omtrek van het telwiel is zo groot, dat 1000 omwentelingen gelijkstaan met 1 zeemijl. Het is duidelijk dat reeds een zeer geringe afwijking van de omtrek van het wiel een aanzienlijke fout in gemeten afstand zal opleveren na enige duizenden omwentelingen. Verder zal door het gebruik van het instrument de omtrek van het telwiel aan veranderingen onderhevig zijn. Het is dus noodzakelijk het telwiel van tijd tot tijd te calibreren.

De minst aanlokkelijke wijze van calibreren bestaat uit het omleggen van een stuk van de draad om het wiel, onder de spanning waarbij normaal wordt gemeten. Deze spanning kan met een veerunster worden uitgeoefend. De draad ligt over ruim de gehele omtrek om het wiel en op het overlappende stuk wordt met een scherp instrument een kras over de beide draden gemaakt. De afstand tussen beide krassen wordt onder dezelfde spanning gemeten, nadat de draad in langsrichting is uitgestrekt.

Verreweg de beste methode van calibreren is het verschillende malen meten van een nauwkeurig bekende afstand. Deze afstand kan op verschillende manieren op zee worden gerealiseerd. In zicht van land kunnen 2 drijfbakens op snellius zijn vastgelegd en aan niet te lange trossen verankerd. De calibreerrun langs deze bakens geschiedt op geheel dezelfde wijze als een meetrun, met dit verschil, dat de vaart kleiner gekozen zal worden, teneinde een zo nauwkeurig mogelijk aflezen van de teller te verkrijgen. De koers moet zuiver worden gestuurd en een merklijn zal hierbij goede diensten kunnen verlenen. De calibreerrun moet minstens éénmaal in heen- en terugrichting worden gemaakt. De afstand tussen de drijfbakens moet minstens 1 zeemijl worden genomen, teneinde de onzekerheden in de stand van de drijfbakens t. o. v. hun ankers van minder invloed te doen zijn.

Het is daarom beter begin- en eindpunt van de calibreerrun door snelliusmeting op de brug te bepalen en de afgelegde afstand hieruit te berekenen. Daar de afstand tussen de merken van een gemeten mijl over het algemeen klein is, moet het gebruik van de gemeten mijl voor het calibreren worden ontraden.

Hieronder zal nog een aantal voorbeelden van spandraadmetingen worden gegeven.

#### 1. *Afstand tussen twee drijfbakens op zee*

Dit is de normale lengtemeting, zoals deze reeds in het voorgaande werd behandeld. Zo mogelijk zal altijd tenminste éénmaal in heen- en teruggang worden

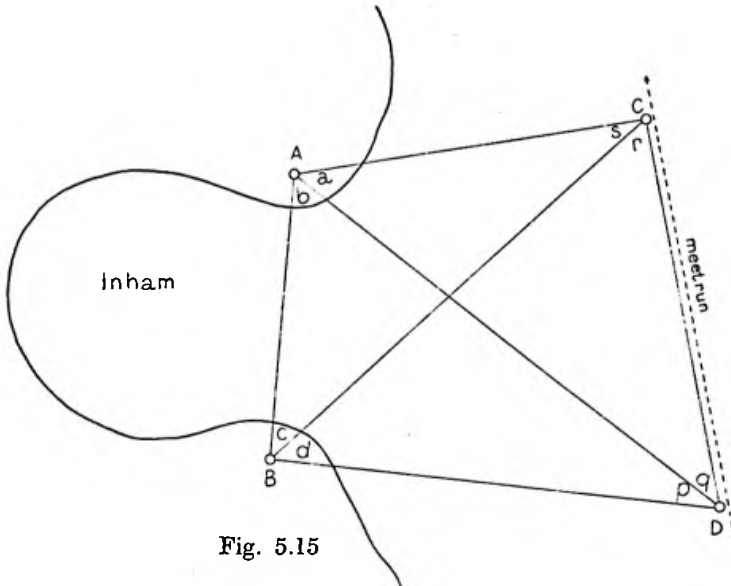
gemeten. Het aantal omwentelingen van het telwiel, dat op de teller wordt afgelezen, vermenigvuldigd met de omtrekslengte van het telwiel, geeft de gemeten afstand. Bij herhaalde lengtemeting zal een nauwkeurigheid van 1 : 1000 tot 1 : 2000 behaald kunnen worden onder gunstige omstandigheden.

## 2. Plaatsbepaling van een punt buiten zicht van land

Het punt wordt gemarkeerd door een drijfbaken. Vanaf dit punt wordt een meetrun gemaakt naar een punt bij de kust waar de meetrun door snelliusmeting kan worden beëindigd. Dit punt zij A. Op dezelfde wijze kan een meetrun worden gemaakt naar punt B. Uit de geografische coördinaten van A en B kan de lengte A—B en het azimuth AB worden berekend. De 3 zijden van de driehoek zijn hiermede bekend en de hoeken kunnen nu worden berekend. Deze hoeken behoeven nog een kleine correctie, gelijk aan  $\frac{1}{3}$  gedeelte van het sferisch exces van de driehoek. Het sferisch exces is afhankelijk van het oppervlak van de driehoek en kan worden opgezocht in de Hydrografische Tafels 1950. Hiermee zijn vanuit de bekende punten A en B de richting en afstand naar het te bepalen punt gevonden, zodat voor dit punt 2 stellen geografische coördinaten kunnen worden berekend en bij voldoende overeenstemming, gemiddeld.

## 3. Het bepalen van de afstand tussen 2 punten aan wal door een spandraadmeting op zee

In fig. 5.15 zijn A en B twee punten aan de wal, waartussen de afstand wordt gezocht. Basismeting aan de wal kan niet plaats hebben en de triangulatie welke op A en B wordt opgezet, is van beperkte omvang.



In C en D worden nu drijfbakens neergelegd en in A en B waarnemers met een theodoliet opgesteld. Het schip maakt een meetrun langs de drijfbakens en geeft

door middel van een vlaggesein aan de waarnemers aan de wal te kennen het moment, waarop de teller wordt afgelezen. Op dat moment meten de waarnemers met hun theodolieten de richting van het drijfbaken waar het schip op dat moment langs stoomt. Op deze wijze worden de hoeken  $a$ ,  $b$ ,  $c$  en  $d$  gemeten en de afstand  $CD$ . Gevraagd wordt de afstand  $AB$ . In de vierhoek  $ACDB$  gelden de volgende trigonometrische eigenschappen:

$$r + q = b + c \quad (5.5.7a)$$

$$\frac{\sin r}{\sin q} = \frac{\sin s \cdot \sin b \cdot \sin d}{\sin a \cdot \sin c \cdot \sin p} \quad (5.5.7b)$$

$$\operatorname{tg} \frac{r - q}{2} = \operatorname{tg} \frac{r + q}{2} \cdot \frac{\sin r - \sin q}{\sin r + \sin q} \quad (5.5.7c)$$

Uit deze 3 vergelijkingen zijn de waarden voor  $r$  en  $q$  te berekenen met behulp van de waargenomen hoeken, terwijl de hoeken  $s$  en  $p$  direct volgen uit de driehoeksvoorwaarden in de driehoeken  $ACB$  en  $ADB$ .

De afstand  $AB$  kan nu direct op 2 manieren worden berekend uit de volgende betrekkingen:

$$AB = AC \cdot \sin s \cdot \operatorname{cosec} c = CD \cdot \sin q \cdot \sin s \cdot \operatorname{cosec} c \cdot \operatorname{cosec} a \text{ en}$$

$$AB = BD \cdot \sin p \cdot \operatorname{cosec} b = CD \cdot \sin r \cdot \sin p \cdot \operatorname{cosec} b \cdot \operatorname{cosec} d$$

De gevonden waarden voor  $AB$  kunnen worden gemiddeld. De berekening kan zowel logaritmisch als met de rekenmachine worden uitgevoerd.

#### 4. *Het bepalen van de afstand tussen 2 ontoegankelijke punten aan de wal door een spandraadmeting op zee*

Indien in het geval 3 de punten  $A$  en  $B$  ontoegankelijk zijn, moeten in  $C$  en  $D$  de hoeken  $s$ ,  $r$ ,  $q$  en  $p$  met de sextant worden gemeten, terwijl de afstand  $CD$  weer door spandraadmeting wordt bepaald. In wezen is er geen enkel trigonometrisch verschil met het voorgaande voorbeeld; de berekening geschiedt op dezelfde wijze. Alleen de nauwkeurigheid van de gevonden afstand  $AB$  zal kleiner zijn dan wanneer in  $A$  en  $B$  met de theodoliet zou zijn waargenomen.

### 5.5.8 Tussen 2 astronomische stations

Indien van 2 punten de geografische coördinaten uit astronomische waarnemingen zijn gevonden, dan kan de afstand tussen deze punten worden berekend. Zijn de beide punten onderling zichtbaar, dan kunnen zij dienen als eindpunten van een basis. Zijn zij onderling onzichtbaar, doch verbonden door een triangulatie, dan kunnen alle zijdelengten en azimuths van de driehoeken worden berekend uit de geografische coördinaten van de 2 punten. In dat geval bepalen de astronomisch bepaalde punten begin- en eindpunt van de triangulatie en daarmee tevens de schaal ervan. De basis in de gewone zin van het woord strekt zich dan door de gehele triangulatie uit.

De inwendige nauwkeurigheid (m.f.) van een astronomisch bepaalde breedte, zowel als van een lengte, is volgens de bij Hydrografie gebruikelijke observatiemethoden van de orde van  $0'',5$  à  $1''$ , op lage breedte overeenkomende met 15 à 30 meter. Een zelfde nauwkeurigheid mag in het algemeen verwacht worden van

door de voormalige Indische Topografische Dienst bepaalde astronomische punten. Van vóór omstreeks 1930 bepaalde astronomische punten moet in de lengte een aanmerkelijke grotere m.f. verwacht worden, aangezien het met korte tijdsintervallen waarnemen van coincidentie-tijdseinen toen nog niet mogelijk was. Men dient zich dan ook steeds tevoren terdege op de hoogte te stellen van de nauwkeurigheid van niet uit eigen waarnemingen verkregen astronomische gegevens.

Astronomische coördinaten zijn echter steeds in meerdere of mindere mate aangedaan door onbekende schietloodafwijkingen, veroorzaakt door onregelmatige massaverdeling in de aardkorst. Schietloodafwijkingen van de orde van 60'' behoren in bergterrein niet tot de uitzonderingen, terwijl in vlak terrein bedragen tot 10'' niet tot de onmogelijkheden behoren. Indien men door berekening de zichtbare massaverdeling (topografie van land en zeebodem) in een straal van 1000 km rond het station in rekening brengt, dan zijn die schietloodafwijkingen enigermate te reduceren. Als voorbeeld wordt genoemd, dat b.v. in de Molukkenzee na deze topografische reductie nog resterende — en dus onbekende — schietloodafwijkingen kunnen overblijven van de orde van 20'' (600 meter); de oorzaak hiervan is gelegen in onregelmatige verdeling van de massa in de aardkorst.

Gezien de mogelijkheid van het optreden van onbekende schietloodafwijkingen kunnen terrestrische afstanden niet met enige betrouwbaarheid worden afgeleid uit twee astronomisch bepaalde punten. De relatieve onzekerheid in de afgeleide afstand is uiteraard groter naarmate de afstand kleiner is. Veronderstelt men een overblijvende onbekende schietloodcomponent in de richting van de af te leiden afstand van + 10'' aan het ene basiseinde en één van — 10'' aan het andere einde van een 420 km lange

basis, dan zal de relatieve onzekerheid bedragen  $\frac{\sqrt{2} \times 300}{420.000} = \frac{1}{1000}$ .

De conclusie moet dus luiden, dat astronomische punten niet bruikbaar zijn om daaruit met enige nauwkeurigheid een basis af te leiden.

### 5.5.9 Radar

De techniek van basismeting met behulp van normale *scheepsradar* is nog in een stadium van ontwikkeling; omtrent bereikbare nauwkeurigheid zijn geen gegevens bekend. Gezegd kan slechts worden dat nauwkeurigheden beter dan 1 % van de gemeten afstand niet waarschijnlijk lijken.

Met speciale radar-apparatuur zijn nauwkeurigheden van 1 : 20.000 gemakkelijk bereikbaar, terwijl nauwkeurigheden van 1 : 100.000 in de toekomst te verwachten zijn. Voor bijzonderheden hieromtrent wordt verwezen naar par. ~~12.7.~~ 12.6.

### 5.5.10 Geodimeter

Basismeting met behulp van de geodimeter, zie par. 2.6, behoort tot de meest nauwkeurige metingen welke mogelijk zijn. Uit praktische metingen in Zweden is bekend, dat nauwkeurigheden van 1 : 750.000 over een afstand van 30 km bereikt kunnen worden. Het grote voordeel van dit instrument is de exceptioneel korte tijd, welke voor een dergelijke meting nodig is. Afgezien van de eenvoudige voorbereidende werkzaamheden kan de gehele meting in 2 uur worden verricht.

De voorbereidende werkzaamheden bestaan uit het zoeken en gereedmaken van een opstellingsplaats voor de geodimeter op het ene basisuiteinde en voor de vlakke

spiegel op het andere basisuiteinde en het eventueel kappen om beide punten onderling zichtbaar te maken. Vooral de opstelling van de vlakke spiegel moet zeer stabiel zijn. Bij voorkeur wordt hiervoor rotsbodem gekozen, in welk geval de werkzaamheden zich bepalen tot het eventueel schoonkappen van de lichtweg. Is geen rotsbodem aanwezig, dan kan een stabiel opstellingsvlak worden verkregen door het diep in de grond rammen van een viertal kleine boomstammen en het maken van een platform daarop. Dezelfde stabiliteitseisen gelden in geringere mate voor de opstellingsplaats van de geodimeter. Aangezien dit instrument rond 75 kg weegt, moet aan een eventueel te maken platform meer zorg worden besteed. Over het algemeen zal bij enigszins stevige ondergrond de stabiliteit van de geodimeteropstelling reeds voldoende wezen, doch het kan voorkomen, dat met een platform veel kapwerk overbodig wordt, hetgeen een voordeel is dat niet voorbij gezien mag worden.

Het opstellen van de instrumenten geschiedt overdag. Bij de spiegel is slechts één helper, een officier, nodig, uitgerust met een aldis-seinlamp of een goede gecentreerde zaklantaarn. Afgezien van de dragers, zijn voor de behandeling van de geodimeter zelf slechts 2 man, waarvan 1 officier, benodigd. Een motordrijver kan worden meegenomen voor de behandeling van de 400 W benzinegenerator. De benodigde electriciteit bij de vlakke spiegel wordt verkregen met een autoaccu of droge batterijen. Na het plaatsen van de instrumenten op hun opstellingen worden zowel geodimeter als vlakke spiegel zo goed mogelijk op elkaar gericht. Hierbij kan een naast het instrument uitgespreid stuk bakenkatoen goede diensten verrichten. Vervolgens worden de elektrische aansluitingen aangebracht en beproefd, waarbij de benzinegenerator proefdraait.

Bij het invallen van de duisternis wordt aangevangen met het justeren van de geodimeter. Dit bestaat in de eerste plaats uit het controleren van de optiek en in het bijzonder van de assen van de spiegels en lenzen van het zendgedeelte van de geodimeter. Hiervoor is het nodig, dat de man bij de vlakke spiegel zijn aldislamp aansteekt en richt op de geodimeter. Het moment, waarop dit moet geschieden, wordt hem door een bepaald signaal bekendgemaakt. Voor het justeren van de optische assen wordt verwezen naar de handleiding welke bij het instrument wordt verstrekt. Indien het transport met zorg is geschied, zal justering niet nodig blijken te zijn. Hierna wordt het zendgedeelte van de geodimeter zorgvuldig op de vlakke spiegel gericht. Dit gebeurt door draaien aan de horizontale- en verticale stelschroeven aan het instrument. De juiste richting wordt verkregen, indien het beeld van de aldislamp bij de vlakke spiegel precies tussen de platen van de Kerr-cel wordt gezien. Hiertoe wordt een klein prisma bijgeleverd. Indien alle optische assen van de spiegels en lenzen evenwijdig staan, zal dus een lichtstraal van de lamp, welke midden tussen de platen van de Kerr-cel doorgaat, de vlakke spiegel precies treffen ten gevolge van de omkeerbaarheid van de lichtweg.

Thans wordt de lichtbundel, welke door de geodimeter wordt uitgezonden, tot een evenwijdige bundel gemaakt. Dit gebeurt door op een bekende afstand vanaf de geodimeter een scherm op te stellen en de lamp van de geodimeter aan te steken. Door instelling van de lens wordt een zo scherp mogelijke afbeelding op het scherm nagestreefd. Uit de lenzenformule volgt nu direct hoeveel de lens verschoven moet worden om de bundel op oneindig in te stellen. Hierna wordt het scherm weggenomen en is de evenwijdige bundel op de vlakke spiegel gericht. Deze moet thans zorgvuldig op de geodimeter worden gericht. De man bij de vlakke spiegel dooft de Aldis-lamp op een sein van de leider en kijkt door een richtkijker op de spiegel. Nadat de klem-

schroef is losgedraaid, kan de spiegel zo goed mogelijk op de lichtbundel worden gericht. De richtkijker staat loodrecht op het vlak van de spiegel. Nu wordt de klemschroef aangedraaid en kan met een haarschroef worden gedraaid totdat de man achter het ontvangstgedeelte van de geodimeter de gereflecteerde lichtbundel ziet. Op dat moment houdt hij even zijn hand voor de uitgaande lichtbundel, welk sein voor de man achter de richtkijker het teken is, dat de spiegel iets te ver is gedraaid. Hij draait nu terug met behulp van de haarschroef, waarna hetzelfde zich herhaalt. Op deze wijze wordt de juiste stand van de spiegel bij enige oefening in hoogstens 10 minuten verkregen.

Thans kan aan de hand van de door de vlakke spiegel teruggekaatste bundel de ontvangst op de fotoëlectrische cel worden gecontroleerd. Hiertoe is een merk in het toestel aangebracht. Ziet men het beeld van de teruggekaatste bundel in het midden van een dradenkruis, dan valt het licht op de juiste wijze op de fotocel. Het instrument is hiermee gereed voor de afstandmeting. Iedere afstandmeting bestaat uit 4 waarnemingen. Deze waarnemingen worden zodanig verricht, dat systematische invloeden zo goed mogelijk uit het eindresultaat zijn gebannen. Voor de wijze, waarop zij behoren te worden uitgevoerd, wordt verwezen naar de bij het instrument verstrekte handleiding.

Tijdens de afstandmeting, die zelf ongeveer 10 minuten duurt, moeten de luchtdruk, temperatuur en vochtigheid van de atmosfeer, zowel bij de geodimeter als bij de vlakke spiegel worden waargenomen. Over het algemeen zal het niet mogelijk zijn, dit ook halverwege de 2 instrumenten te doen, doch indien dit wel zou kunnen, moet het niet worden nagelaten. De gevonden afstand behoeft namelijk correcties, welke van de atmosferische gegevens afhankelijk zijn. Tabellen voor deze correcties zijn in de handleiding van het instrument opgenomen. Hoe nauwkeuriger de luchtdruk, temperatuur en vochtigheidsgehalte van de lucht in de lichtweg bekend zijn, des te beter kunnen de correcties op de lichtsnelheid worden berekend.

Het is aan te bevelen de frequenties van de kristallen voor en na een afstandmeting te calibreren. Hierbij kan gebruik worden gemaakt van de vergelijkingsmogelijkheden welke andere instellingen, zoals PTT in Nederland en radiobedrijven in het buitenland, bieden. Op zee kan voor de frequentievergelijking de continue uitzending van het Amerikaanse Bureau of Standards worden gebezigd. Dit Bureau geeft onder meer een frequentie-uitzending van 10 Mc standaard frequentie, met behulp waarvan de kristal frequentie in de geodimeter kan worden geijkt. Hoe dit gebeurt, staat omschreven in de reeds eerder genoemde handleiding.

De hoogste grens van nauwkeurigheid, welke ooit met dit instrument kan worden bereikt, wordt geheel bepaald door de nauwkeurigheid waarmee de voortplantingssnelheid van het licht bekend is. Op het ogenblik (1951) kan deze nauwkeurigheid worden gesteld op 1 : 1.200.000. Deze grens is slechts een theoretische bovengrens. In het terrein zullen de atmosferische invloeden slechts vrij gebrekkig kunnen worden bepaald, zodat de bij een afstandmeting te bereiken nauwkeurigheid niet hoger zal zijn dan  $\frac{1}{3}$  van de nauwkeurigheid, waarmee de lichtsnelheid bekend is.

#### 5.5.11 Afpassing uit de kaart

De bepaling van de lengte van een basis door afpassing uit de kaart of van een constructieblad is een vrij onnauwkeurige methode, omdat de gebruikte kaart of het tekenblad altijd op betrekkelijk kleine schaal is vervaardigd.



De fouten, welke bij het afpassen gemaakt kunnen worden ten gevolge van rek en krimp van het papier, het drukken van de kaart en het tekenen van het constructieblad, alsmede bij het afpassen zelf, kunnen te zamen zeker tot 1 mm oplopen, hetgeen bij een blad of kaart op 1 : 50.000 neerkomt op een fout in lengte van 50 meter. Voor plaatselijk herzieningswerk, dat later toch ingepast wordt in de reeds bestaande kaart, is deze methode echter vaak nog voldoende nauwkeurig en bespaart veel tijd.

Gebruikt men de gedrukte kaart, dan is het het beste, van begin- en eindpunt van de basis de coördinaten, door afpassing met de tang of transversaalschaal, te bepalen. Uit deze coördinaten kan de afstand en zo nodig het azimuth tussen de punten worden *berekend*. Zijn de punten echter wederzijds zichtbaar, dan verdient het aanbeveling het azimuth door een astronomische peiling te bepalen. Hiermee is de basis in lengte en richting bekend.

Zijn beide punten niet wederzijds zichtbaar, dan kan niet alleen geen astronomische peiling worden genomen, doch de punten zijn tevens onbruikbaar als basis-eindpunten. Noemen we deze beide punten A en B, dan zijn in het terrein 2 punten vast te stellen, C en D, welke onderling zichtbaar zijn en van waaruit de punten A en B te zien zijn. De figuur komt nu geheel overeen met fig. 5.15, met dit verschil, dat nu de afstand bekend is tussen de punten A en B. Door meting van de hoeken p, q, r en s kan nu met behulp van de vergelijkingen (5.5.7 a, b, c) de lengte van CD gevonden worden. De punten C en D zijn nu de basis-eindpunten. Het azimuth van deze basis wordt gevonden uit het berekende azimuth van AB, door toepassing van de gemeten en berekende hoeken. Bij voorkeur zal men de afstand tussen de punten C en D kleiner kiezen dan de afstand tussen A en B. Hoe groter de afstand tussen A en B, hoe geringer de invloed van de fouten in afpassing wordt. Door overdraging van deze afstand op de kleinere tussen C en D wordt deze invloed nogmaals verkleind.

## 5.6 Azimuth

Het azimuth van de basis wordt bepaald door een astronomische peiling. Voor de uitvoering van een astronomische peiling wordt verwezen naar hoofdstuk VI. Door het azimuth wordt de triangulatie op de ellipsoïde georiënteerd. Over het algemeen zal de astronomische peiling worden uitgevoerd tussen de eindpunten van de vergrote basis, teneinde onnauwkeurigheden in centrering e. a. zo goed mogelijk te elimineren.

Het azimuth van alle driehoekszijden is nu door de hoekmeting bekend. Naarmate men verder van de driehoekszijde, waarvan het azimuth door een astronomische peiling werd bepaald, verwijderd raakt, zullen de onvermijdelijke fouten in de hoekmeting de afgeleide azimuths, door accumulatie, steeds slechter maken. Het is derhalve noodzakelijk tijdens het voortschrijden van de triangulatie het azimuth van de driehoekszijden door controle-astronomische peilingen te corrigeren. Hierdoor houdt men zekerheid omtrent de algemene oriëntering van het net en is accumulatie van fouten in deze oriëntering onmogelijk geworden. Hoewel het toepassen van de correcties, welke uit de controle-azimuths voortvloeien, in hoofdstuk VII behandeld zal worden, kan reeds worden gezegd, dat deze zullen bestaan uit netsdraaiingen.

## 5.7 Contrôle-basis

Behalve dat door de hoekmeting het azimuth van driehoekszijde op driehoekszijde wordt overgedragen, wordt ook de lengte overgedragen. Dezelfde fouten in hoekmeting, welke het azimuth ongunstig beïnvloeden, doen dit ook met de overgedragen lengten. Zoals door het meten van contrôle-astronomische peilingen getracht wordt de oriëntering van het net zo homogene mogelijk te houden, kan homogeniteit in de schaal slechts worden verkregen door het meten van contrôle-bases. Onder homogeniteit wordt hier verstaan een gelijkmatige nauwkeurigheid.

Het meten van een basis is tijdrovend, zodat men er mee zal wachten tot de verminderde nauwkeurigheid in schaal er toe dwingt. Het te vroeg meten van een contrôle-basis is oneconomisch, het te laat meten er van vermindert de waarde van de triangulatie. Deze contrôle is slechts noodzakelijk in een doorgaande triangulatie van grote omvang. Kleinere triangulaties zullen alleen door een eindbasis worden afgesloten, indien afsluiting door astronomische plaatsbepaling in verband met de onbekende schietloodafwijking ongewenst wordt geacht.

Door de United States Coast & Geodetic Survey is een methode ontwikkeld, welke de opnemer in staat stelt, zich een indruk te vormen van het verloop van de nauwkeurigheid in schaal in de triangulatie. Hiertoe werd door haar gedefinieerd het begrip: „*Relatieve kracht van een figuur*”. Ter illustratie van dit begrip diene de volgende eenvoudige afleiding. In fig. 5.16 is een driehoek getekend, waarin  $a$  de bekende zijde,  $b$  de gezochte zijde,  $\alpha$  de hoek tegenover  $a$  en  $\beta$  de hoek tegenover  $b$  is. Uit de trigonometrie is bekend, dat  $b = a \cdot \sin \beta \cdot \operatorname{cosec} \alpha$ .

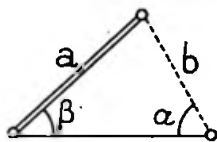


Fig. 5.16

Aannemende dat er correlatievrijheid tussen de kenmerken bestaat, kan voor de middelbare fout in  $b$  worden geschreven:

$$\mu_b^2 = \sin^2 \beta \cdot \operatorname{cosec}^2 \alpha \cdot \mu_a^2 + a^2 \cos^2 \beta \cdot \operatorname{cosec}^2 \alpha \frac{\mu_\beta^2}{\rho^2} + a^2 \sin^2 \beta \cdot \cotg^2 \alpha \cdot \operatorname{cosec}^2 \alpha \cdot \frac{\mu_\alpha^2}{\rho^2}$$

Hieruit volgt na enige herleiding:

$$\mu_b^2 = b^2 \left( \frac{\mu_a^2}{a^2} + \cotg^2 \beta \frac{\mu_\beta^2}{\rho^2} + \cotg^2 \alpha \frac{\mu_\alpha^2}{\rho^2} \right) \quad (5.7a)$$

Stellen we in (5.7a)  $\mu_b : b = R_b$ ,  $\mu_a : a = R_a$  en  $\mu_\beta : \rho = R_\beta$  enz. dan wordt gevonden:

$$R_b^2 - R_a^2 = \cotg^2 \alpha \cdot R_\alpha^2 + \cotg^2 \beta \cdot R_\beta^2 \quad (5.7b)$$

In het linkerlid van (5.7b) staat de toename van het kwadraat van de relatieve middelbare fout van  $a$  naar  $b$ . In het rechterlid staan functies van de beide afstand-hoeken en de relatieve middelbare fouten in die hoeken. Onder afstandhoeken worden verstaan de hoeken in een driehoek tegenover de bekende en tegenover de gevraagde zijde. Het is duidelijk, dat de relatieve middelbare fout in de afstandhoek een klein en betrekkelijk onveranderlijk bedrag is, dat nooit nul kan worden. De cotangenten van de afstandhoeken variëren echter van 0 tot oneindig, zodat met recht gezegd kan worden, dat, afgezien van de middelbare fouten in de hoekmeting, de nauwkeurigheid in de lengte-overdracht in een triangulatie wordt bepaald door de vorm der afzonderlijke driehoeken.

§ 5.7

Op deze overweging berust de definitie van de relatieve kracht van een figuur. Deze wordt bepaald door de vergelijking  $\frac{D-C}{D} \cdot A$ , waarin A een bedrag is, dat afhangt van de vorm van de figuur, D het aantal richtingen dat is gemeten en C het aantal voorwaarden waaraan in die figuur voldaan moet zijn. Hoe kleiner A is, des te groter is de relatieve kracht. A wordt gevonden uit de onderstaande tabel, met als ingangen de beide afstandhoeken. Bovenaan is de kleinste afstandhoek, verticaal de grootste afstandhoek geplaatst.

Tafel ter bepaling van A uit de afstandhoeken

|     | 20° | 22° | 24° | 26° | 28° | 30° | 35° | 40° | 45° | 50° | 55° | 60° | 65° | 70° | 75° | 80° | 85° | 90° |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 20  | 100 | 91  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 22  | 91  | 81  | 74  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 24  | 83  | 74  | 67  | 61  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 26  | 77  | 68  | 61  | 56  | 51  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 28  | 72  | 63  | 57  | 51  | 47  | 43  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 30  | 68  | 59  | 53  | 48  | 43  | 40  | 33  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 35  | 60  | 52  | 46  | 41  | 37  | 33  | 27  | 23  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 40  | 54  | 47  | 41  | 36  | 32  | 29  | 23  | 19  | 16  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 45  | 50  | 43  | 37  | 32  | 28  | 25  | 20  | 16  | 13  | 11  |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 50  | 47  | 39  | 34  | 29  | 26  | 23  | 18  | 14  | 11  | 9   | 8   |     |     |     |     |     |     |     |
| 55  | 44  | 37  | 32  | 27  | 24  | 21  | 16  | 12  | 10  | 8   | 7   | 5   |     |     |     |     |     |     |
| 60  | 42  | 35  | 30  | 25  | 22  | 19  | 14  | 11  | 9   | 7   | 5   | 4   | 4   |     |     |     |     |     |
| 65  | 40  | 33  | 28  | 24  | 21  | 18  | 13  | 10  | 7   | 6   | 5   | 4   | 3   | 2   |     |     |     |     |
| 70  | 38  | 32  | 27  | 23  | 19  | 17  | 12  | 9   | 7   | 5   | 4   | 3   | 2   | 2   | 1   |     |     |     |
| 75  | 37  | 30  | 25  | 21  | 18  | 16  | 11  | 8   | 6   | 4   | 3   | 2   | 2   | 1   | 1   | 1   |     |     |
| 80  | 36  | 29  | 24  | 20  | 17  | 15  | 10  | 7   | 5   | 4   | 3   | 2   | 1   | 1   | 1   | 0   | 0   |     |
| 85  | 34  | 28  | 23  | 19  | 16  | 14  | 10  | 7   | 5   | 3   | 2   | 2   | 1   | 1   | 0   | 0   | 0   | 0   |
| 90  | 33  | 27  | 22  | 19  | 16  | 13  | 9   | 6   | 4   | 3   | 2   | 1   | 1   | 1   | 0   | 0   | 0   | 0   |
| 95  | 32  | 26  | 22  | 18  | 15  | 13  | 9   | 6   | 4   | 3   | 2   | 1   | 1   | 0   | 0   | 0   | 0   |     |
| 100 | 31  | 25  | 21  | 17  | 14  | 12  | 8   | 6   | 4   | 3   | 2   | 1   | 1   | 0   | 0   | 0   | 0   |     |
| 105 | 30  | 25  | 20  | 17  | 14  | 12  | 8   | 5   | 4   | 2   | 2   | 1   | 1   | 0   | 0   | 0   |     |     |
| 110 | 30  | 24  | 19  | 16  | 13  | 11  | 7   | 5   | 3   | 2   | 2   | 1   | 1   | 1   |     |     |     |     |
| 115 | 29  | 23  | 19  | 15  | 13  | 11  | 7   | 5   | 3   | 2   | 2   | 1   | 1   |     |     |     |     |     |
| 120 | 28  | 22  | 18  | 15  | 12  | 10  | 7   | 5   | 3   | 2   | 2   | 1   |     |     |     |     |     |     |
| 125 | 27  | 22  | 18  | 14  | 12  | 10  | 7   | 5   | 4   | 3   | 2   |     |     |     |     |     |     |     |
| 130 | 26  | 21  | 17  | 14  | 12  | 10  | 7   | 5   | 4   | 3   |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 135 | 26  | 21  | 17  | 14  | 12  | 10  | 7   | 5   | 4   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 140 | 25  | 20  | 17  | 14  | 12  | 10  | 8   | 6   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 145 | 25  | 21  | 17  | 15  | 13  | 11  | 9   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 150 | 26  | 21  | 18  | 16  | 15  | 13  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 152 | 26  | 22  | 19  | 17  | 16  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 154 | 27  | 23  | 21  | 19  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 156 | 28  | 25  | 22  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 158 | 30  | 27  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 160 | 33  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |

Wenst men nu de kracht van een triangulatieketting te kennen, dan ga men als volgt te werk. Bepaal voor iedere driehoek de afstandhoeken op een graad nauwkeurig en zoek voor iedere driehoek in de tafel de waarde van A op. Sommeer voor de gehele ketting de waarden van A en vermenigvuldig deze som met de factor  $(D - C) : D$ . Het product is een maat voor de relatieve kracht van de ketting. Hoe kleiner het product, des te groter de kracht van de ketting. Het product zelf geeft in bepaalde eenheden de toename van de middelbare fout in de lengte langs de ketting weer. Op deze wijze kunnen ook 2 driehoekskettingen of netten worden vergeleken. Het kleinste product geeft de beste ketting aan, uit een oogpunt van lengte-overdracht. Deze methode van vergelijking van trigonometrische figuren biedt de opnemer een goede gelegenheid zich van te voren een indruk te vormen van de beste wijze, waarop een triangulatie kan worden uitgevoerd. Dit van te voren onderzoeken en zo mogelijk bepalen van de juiste vorm van de verschillende driehoeken wordt de „verkenning” genoemd.

Bij het bepalen van D, het aantal gemeten richtingen, neemt men aan dat de beginlijn van de betrokken figuur geheel is bepaald, zodat D in een volgemeten driehoek gelijk is aan 4. Hieronder worden voor verschillende geometrische figuren en groepen de waarden voor  $(D - C) : D$  gegeven.

De waarde van  $\frac{D-C}{D}$ :

|                                                     |                             |
|-----------------------------------------------------|-----------------------------|
| voor een enkele driehoek. . . . .                   | $\frac{4 - 1}{4} = 0,75$    |
| voor een ketting van n driehoeken . . . . .         | $\frac{4n - n}{4n} = 0,75!$ |
| voor een volgemeten vierhoek . . . . .              | $\frac{10 - 4}{10} = 0,60$  |
| voor een net met centraal meetpunt, drie driehoeken | $\frac{10 - 4}{10} = 0,60$  |
| vier driehoeken                                     | $\frac{14 - 5}{14} = 0,64$  |
| vijf driehoeken                                     | $\frac{18 - 6}{18} = 0,67$  |
| zes driehoeken                                      | $\frac{22 - 7}{22} = 0,68$  |

Noemen we het bedrag  $\frac{D-C}{D} \cdot \Sigma A$  voor een triangulatieketting: R, dan mag tussen 2 bases R niet groter zijn dan 110. Kan een geschikt terrein voor basismetings overal gevonden worden, dan verdient het aanbeveling het bedrag R niet groter dan ongeveer 80 te laten worden. Dit komt met een aantal van 15 tot 25 driehoeken tussen de bases overeen. Hoe groter de kracht van de ketting, des te minder bases behoeven gemeten te worden. De opnemer is nu tevens in staat, aan de hand van de verkenning, reeds te bepalen waar contrôlebases gemeten moeten worden. Leggen topografische moeilijkheden beperkingen op aan het meten van contrôlebases, dan

kan de opnemer trachten door het verbeteren van de driehoeken in het net de meting uit te stellen tot een terrein is bereikt, waar basismetings wel mogelijk is.

Het is begrijpelijk, dat door het meten van een contrôlebasis tegenspraken in de lengte van een driehoekszijde aan het licht komen, welke een correctie aan de schaal van de driehoeksketting tussen beide bases ten gevolge zullen hebben. Zie hiervoor par. 5.2. Hoe de vereffening van een triangulatie tussen 2 gemeten bases geschiedt, wordt behandeld in hoofdstuk VII.

*Literatuur* : Dipl. Ing. ERWIN GIGAS. „Handbuch für die Verwendung von Invardrähten bei Grundlinienmessungen". Berlin, 1934.

U.S. Navy Department. „Hydrographic and geodetic surveying manual". Hydrographic Office, H.O. No. 215, 1942.

Hydrographic Department, Admiralty. „Admiralty Manual of Hydrographic Surveying". London, New edition 1948.

U.S.C. & G. Survey. „Hydrographic Manual". Department of Commerce, S.P. No. 143, Revised (1942) edition.

J. R. BENOIT et CH. ED. GUILLAUME. „La mesure rapide des bases géodésiques". Gauthier-Villars et Cie, Paris, 1<sup>re</sup> édition, 1917.

WILLIAM BOWIE. „Specifications for bases and first order triangulation" Bulletin Géodésique, No. 24, 1929.

## VI. AZIMUTH

## 6.1 Algemeen

Het meetkundig verband van een triangulatie wordt bepaald door de lengten van de zijden van het driehoeks- c.q. veelhoeksnet en door de hoeken in de driehoeken of veelhoeken van dit net. Voor de lengtebepaling van de zijden gaat men uit van een basis (hoofdstuk V) en de hoeken bepaalt men door meting bij de triangulatie (hoofdstuk VII). Het aldus verkregen net moet nu nog op de ellipsoïde, waarop gerekend wordt, georiënteerd worden. In elk hoekpunt van de triangulatie moet dus de richting van de meridiaan bekend zijn, of anders uitgedrukt: in elk hoekpunt moet men de richting der zijden t. o. v. het rechtwijzend Noorden kennen.

Het is mogelijk reeds bij de opzet van de triangulatie, dus bij de basismeting, het azimuth van de basis te bepalen. Dit moet in het algemeen evenwel afgeraden worden, aangezien de basis meestal kort is (1000—5000 meter), waardoor grote fouten in het bepaalde azimuth tengevolge van een geringe excentrische opstelling der waarnemingsinstrumenten kunnen ontstaan. Een excentriciteit van 1 dm kan op een afstand van 1000 m reeds een fout van  $\pm 20''$  geven. Meestal zal het azimuth eerst bepaald worden na de vergroting van de basis.

Bij de voortschrijding van de triangulatie, waarbij het azimuth van alle zijden van het net afgeleid wordt uit de voorgaande zijden door bijtelling van gemeten hoeken, zal het onvermijdelijk zijn, dat op den duur door fouten in deze hoekmeting het aldus afgeleide azimuth een ontoelaatbaar bedrag van het ware azimuth gaat verschillen. Van tijd tot tijd zal dus het azimuth gecontroleerd moeten worden door een nieuwe azimuthbepaling. In hoofdstuk VII zal uitvoerig behandeld worden, wanneer men tot een azimuthcontrole moet overgaan en hoe bij gebleken afwijking de triangulatie verbeterd kan worden.

De richting van de meridiaan, dus van het rechtwijzend Noorden, in een bepaald punt kan op de volgende wijze bepaald worden:

- a. Afleiding uit het bekende azimuth tussen 2 punten, b.v. van een geleide- of een lichtenlijn.
- b. Men bepaalt het r.w. Noorden door een kompaspeiling met behulp van een gyrokompas of een magnetisch kompas of met een boussole. In de laatste twee gevallen moet men dan nauwkeurig de variatie ter plaatse kennen.
- c. Afleiding uit de nauwkeurige geografische coördinaten van twee punten. Tussen deze twee punten kan men dan het azimuth berekenen. Meestal zijn deze coördinaten op  $0'',01$  gegeven, hetgeen nabij de equator op een nauwkeurigheid in lengte en breedte van 3 dm neerkomt. Bij een onderlinge afstand tussen de twee punten van 10.000 m kan dit een onnauwkeurigheid in het azimuth van  $\pm 12''$  opleveren, hetgeen niet aanvaardbaar is. Sommige meetkundige diensten geven de coördinaten in  $0'',001$  op of wanneer een rechthoekig coördinatenstelsel gebruikt wordt, in cm's en zelfs in mm's. Een tussen dergelijke punten berekend azimuth zal dan voor hydrografische doeleinden in het algemeen wel aanvaardbaar zijn.
- d. Men bepaalt het azimuth astronomisch of om in de terminologie van het hydrografische opnemen te blijven: men neemt een *astronomische peiling*.

De methoden sub *a* en *b* zijn zeer grof en ongeschikt om hierop een triangulatie te oriënteren. Alleen bij vluchtige opnemingen zal men van een dergelijk azimuth gebruik maken en dan nog voor een zeer beperkt gebied, b.v. voor een rede of een kleine baai.

De methode sub *c* is alleen aanvaardbaar wanneer de coördinaten van de punten nauwkeurig en betrouwbaar zijn. In geen geval zal men voor de berekening van het azimuth de coördinaten van *astronomisch* bepaalde punten gebruiken. Ook zal men, wanneer men maar enigszins twijfelt aan de juistheid van de door andere meetkundige diensten verstrekte gegevens, niet nalaten het berekende azimuth door een zelf verrichte astronomische peiling te controleren.

Uit het voorgaande blijkt dat men vrijwel altijd op een astronomisch bepaald azimuth zal terugvallen. Daarom zal uitsluitend deze methode hier verder behandeld worden.

## 6.2 Principe van het astronomisch bepaalde azimuth (astronomische peiling)

De astronomische peiling komt hierop neer dat men het azimuth van een hemellicht bepaalt en t. o. v. deze richting door hoekmeting weer de rechtwijzende richting naar een aards punt vastlegt. In fig. 6.1 is voor het punt P op aarde voor een bepaald moment het azimuth  $a$  van de ster berekend, terwijl men op dit zelfde moment de hoek  $\psi$  tussen de verticalen door S en een ander aards punt Q meet. Het azimuth van P naar Q volgt dan uit:  $T_w = a + \psi$ .

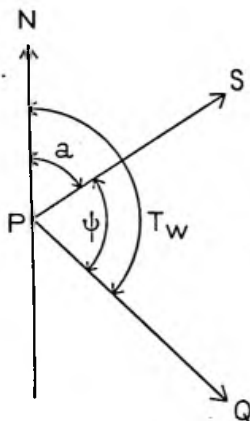


Fig. 6.1

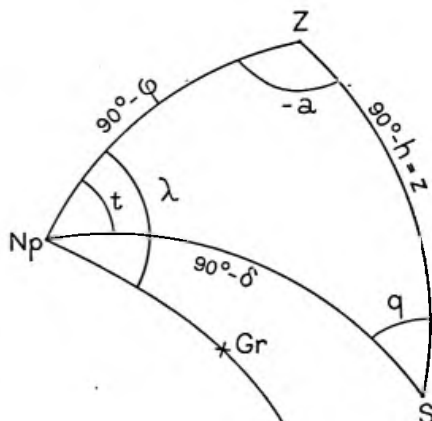


Fig. 6.2

Het azimuth is een hoek t. o. v. rechtwijzend Noord en wordt met zon rondgeteld van  $0^\circ$  tot  $360^\circ$ .

In de formule  $T_w = a + \psi$  wordt het azimuth  $a$  van het hemellichaam berekend uit de parallactische boldriehoek van fig. 6.2; daarin is Z het zenith van de waarnemer,  $N_p$  de hemel (Noord) pool en S het hemellichaam. De hoek  $a$  kan met formules van de boldriehoeksmeting berekend worden als 3 elementen in de parallactische driehoek

bekend zijn of door waarneming worden bepaald; hiervoor komen de volgende combinaties in aanmerking:

$$\text{I } N_p Z = 90^\circ - \varphi, N_p S = 90^\circ - \delta \text{ en de uurhoek } t$$

(azimuth uit *uurhoekmeting*)

$$\text{II } N_p Z = 90^\circ - \varphi, N_p S = 90^\circ - \delta \text{ en } ZS = 90^\circ - h = z$$

(azimuth uit *hoogtewaarneming*)

In beide gevallen is kennis van  $\lambda$  noodzakelijk; in geval I wordt  $\lambda$  rechtstreeks als gegeven in de berekening gebruikt en dient dus met grotere nauwkeurigheid bekend te zijn dan in geval II, waarin kennis van  $\lambda$  slechts vereist wordt voor het in de almanak opzoeken van  $\delta$ .

De coördinaten  $\varphi$  en  $\lambda$  gelden t. o. v. Z (d.w.z. voor de waarnemer op het fysisch aardoppervlak) en hebben dus betrekking op de plaatselijke richting van de zwaartekracht en zijn zodoende de *astronomische* breedte en lengte van de waarnemer. Berekening van  $a$  volgens één der beide methoden I of II levert dan ook het *astro-nomisch azimuth* van het hemellichaam.

De hoek  $\psi$  in de formule  $T_w = a + \psi$  is de standhoek tussen de beide verticaalvlakken, gaande resp. door S en door Q (fig. 6.1). Deze verticaalvlakken hebben beide eveneens betrekking op de richting van de zwaartekracht ter plaatse van de waarnemer in P, zoals die richting wordt aangegeven door de eerste as van de horizontaal gestelde theodoliet; beide verticaalvlakken gaan dus door Z.

Het uit de algebraïsche som van  $a$  en  $\psi$  berekende azimuth geldt dus in een astronomisch coördinatenstelsel op de hemelbol. Ten behoeve van de triangulatie-berekeningen op de ellipsoïde wordt echter het azimuth gevraagd in het geografisch coördinatenstelsel en de verticaal- of azimuthcirkels, zowel als de richting van recht-wijzend Noord (= de geografische meridiaan op de ellipsoïde), hebben in dat geval betrekking op het in fig. 4.2 aangegeven punt T. Het is duidelijk, dat het berekende azimuth van de lijn PQ (fig. 6.1) een correctie zal behoeven ter herleiding naar de ellipsoïde.

Deze correctie kan slechts berekend worden als de beide componenten  $\xi$  en  $\eta$  van de schietloodafwijking bekend zijn. Aangezien deze bij de praktische hydrografische opneming zeer zelden bekend zullen zijn, wordt bedoelde correctie in dit hoofdstuk verwaarloosd; het effect van eventuele schietloodafwijking wordt dus in de verder volgende behandeling niet in rekening gebracht, hetgeen er op neer komt, dat de punten Z en T (fig. 4.2) geacht worden samen te vallen, of met andere woorden, dat de astronomische en de geografische coördinaten aan elkaar gelijk-gesteld worden. In het ondervolgende wordt dan ook steeds gesproken van geo-grafische coördinaten.

Het effect van het verwaarlozen van de schietloodafwijking is hetzelfde als dat van een scheve stand van de eerste as van de theodoliet en is dus van meer belang naarmate de elevatie van de punten S en Q groter is.

De voor de azimuthbepaling gebruikte hemellichamen zijn de sterren of de zon; de planeten worden voor dat doel niet gebruikt vanwege hun snel veranderende coördinaten en de daardoor veroorzaakte complicaties in de berekening.

Ten slotte maakt het instrument, dat men voor de observaties gebruikt, ook nog enig verschil uit in de wijze van azimuthbepaling. Bij de Hydrografische Dienst maakt men gebruik van een *theodoliet* of van een *sextant*.



### 6.3 Azimuthbepaling uit uurhoekmeting

In de parallactische driehoek (fig. 6.2) berekent men het azimuth  $a$  uit:

$$\cotg a = \frac{\sin \varphi \cos t - \cos \varphi \tg \delta}{\sin t}$$

Deze formule leent zich zeer wel voor machinerekenen. Voor logarithmisch rekenen maakt men wel gebruik van de volgende formule:

$$\cotg a = \cos(\varphi + \varphi') \operatorname{cosec} \varphi \cotg t,$$

waarin de waarde  $\varphi'$  gevonden wordt uit:  $\tg \varphi' = \cotg \delta \cos t$ .

Wanneer de serie evenwel uit een groot aantal *sterswaarnemingen* bestaat, loont het voor logarithmisch rekenen ook de eerstgenoemde formule te gebruiken. Immers de waarde  $\cos \varphi \tg \delta$  verandert gedurende de gehele serie practisch niet, terwijl de waarde  $\varphi'$  in de logarithmische formule voor elke waarneming opnieuw bepaald moet worden.

Bij de „uurhoek”-methode dient men dus de waarde van  $t$  te kennen op het moment, dat men de hoek  $\psi$  meet (fig. 6.1). Deze waarde van  $t$  wordt bepaald met behulp van een tijdmeteter op de wijze als bij de tijdmeting in par. 4.1 behandeld is. In tegenstelling met de „hoogte”-methode is dus hier een vereiste, dat beschikt wordt over een tijdmeteter, waarvan de stand nauwkeurig bepaald is.

In het kort is de gang van zaken bij de azimuthbepaling uit uurhoekmeting als volgt: In het punt  $P$  (fig. 6.1) stelt men het waarnemingsinstrument op. Men richt eerst op het aardse punt  $Q$  en leest de horizontale randverdeling af. Vervolgens wordt op het hemellicht  $S$  gericht. Even voordat het hemellicht in het kijkerveld de verticale draad zal passeren, verandert men niets meer aan de horizontale fijnbeweging. Op het moment dat het hemellicht deze draad (zo goed mogelijk in het midden van het kijkerveld) snijdt, stopt men op de tijdmeteter en leest de horizontale randverdeling af. De tijdmeteraanwijzing wordt herleid tot  $t$ , met welk argument d. m. v. een der aangegeven formules de waarde  $a$  berekend wordt. Uit de horizontale aflezingen van het waarnemingsinstrument bepaalt men de hoek  $\psi$ , zodat met de formule:  $T_* = a + \psi$  het azimuth tussen de punten  $P$  en  $Q$  bekend is. Bij sextantmetingen wordt niet de standhoek tussen de verticaalvlakken door  $P$  en  $S$  en door  $P$  en  $Q$  gemeten, doch een hellende hoek, die eerst tot deze standhoek herleid moet worden. Bij de behandeling van de azimuthbepaling uit sextantmetingen zal hier op worden teruggekomen.

Het grote voordeel van de „uurhoek”-methode bestaat hierin, dat het observeren zelf eenvoudig is. Men behoeft alleen de aanraking van het hemellicht met één draad van het meetkruis te beoordelen. Bij de „hoogte”-methode moet men tevens de aanraking met de horizontale draad waarnemen, hetgeen, zoals nader besproken zal worden, vooral bij zonswaarnemingen enige moeite zal opleveren. Het nadeel van de „uurhoek”-methode is, dat men over een tijdmeteter met een bekende stand moet beschikken.

#### 6.3.1 Azimuthbepaling uit sterswaarnemingen met uurhoekmeting

De vraag rijst welke sterren en welke waarnemingsmomenten het meest in aanmerking komen voor de azimuthbepaling. Men kan de volgende eisen stellen:

- Een eventuele fout in de geografische coördinaten  $\lambda$  en  $\varphi$  moet door de waarnemingsmethode zo goed mogelijk geëlimineerd worden.
- Een fout in het bepalen van de uurhoek  $t$ , b. v. door persoonlijke traagheid bij het stoppen of door onnauwkeurige standbepaling, moet op het resultaat van de azimuthbepaling zo min mogelijk invloed hebben.

Om de invloeden van een fout in  $\varphi$  en een fout in  $\lambda$  (dus ook in  $t$ ) na te gaan, differentieert men de grondformule in par. 6.3 en verkrijgt dan:

$$da_{\varphi} = \sin a \operatorname{tg} h d\varphi; da_t = \cos \varphi (\operatorname{tg} \varphi - \cos a \operatorname{tg} h) dt$$

Hieruit blijkt:

- Om de invloed van de *fout in breedte* te elimineren, dus  $da_{\varphi} = 0$ , moet  $\sin a = 0$  zijn; d.w.z. dat men de ster in de meridiaan ( $a = 0^\circ/180^\circ$ ) dus in *culminatie* moet observeren.
- Om de invloed van de *fout in uurhoek* te elimineren, dus  $da_t = 0$ , moet  $\operatorname{tg} \varphi - \cos a \operatorname{tg} h = 0$  zijn, of wel:  $\cos a = \frac{\operatorname{tg} \varphi}{\operatorname{tg} h}$ .

Deze betrekking bestaat in de parallactische driehoek, in geval die rechthoekig is in  $q$  (fig. 6.3). Hieruit volgt dan dat men de ster in *grootste elongatie* moet observeren.

Uit het voorgaande blijkt, dat het niet mogelijk is de fouten sub  $a$  en  $b$  gelijktijdig te elimineren. Immers een ster kan niet gelijktijdig culmineren en in grootste elongatie zijn. Slechts voor enkele sterren in de nabijheid van de Noord- en Zuidpool benadert men deze toestand, b.v. voor Polaris ( $\alpha$  Ursae Minoris) nabij de Noordpool en  $\sigma$  Octantis nabij de Zuidpool. Deze sterren met een declinatie van resp.  $+$  en  $-89^\circ$  elongeren zeer dicht bij de meridiaan. Neemt men voor deze sterren  $a \approx 0^\circ$ , dan is  $da_{\varphi} \approx 0$ . Dit gesubstitueerd in de vorm voor  $da_t$  geeft:

$$da_t \approx \cos \varphi (\operatorname{tg} \varphi - \operatorname{tg} h) dt \approx 0 \quad (\cos a \approx 1)$$

Voor deze sterren geldt dan bij benadering  $\operatorname{tg} h = \operatorname{tg} \varphi$ .

Men zal evenwel niet altijd in de gelegenheid zijn een van beide poolsterren te observeren;  $\sigma$  Octantis is een ster van de grootte 5,48 en hierdoor moeilijk in het kijkerveld waar te nemen. Op lagere breedten hebben deze sterren bovendien een te kleine hoogte om behoorlijk geobserveerd te worden.

Men kan nu twee sterren kiezen, welke ieder voor zich aan de volgende voorwaarden voldoen:

$$1e \text{ ster: } da_{1\varphi} = \sin a_1 \operatorname{tg} h_1 d\varphi; da_{1t} = \cos \varphi (\operatorname{tg} \varphi - \cos a_1 \operatorname{tg} h_1) dt$$

$$2e \text{ ster: } da_{2\varphi} = \sin a_2 \operatorname{tg} h_2 d\varphi; da_{2t} = \cos \varphi (\operatorname{tg} \varphi - \cos a_2 \operatorname{tg} h_2) dt$$

De invloeden van de fouten op het eindresultaat van beide geobserveerde sterren vindt men uit het gemiddelde:

$$d\bar{a}_{\varphi} = \frac{1}{2} (\sin a_1 \operatorname{tg} h_1 + \sin a_2 \operatorname{tg} h_2) d\varphi$$

$$d\bar{a}_t = \frac{1}{2} (2 \operatorname{tg} \varphi - \cos a_1 \operatorname{tg} h_1 - \cos a_2 \operatorname{tg} h_2) \cos \varphi dt$$

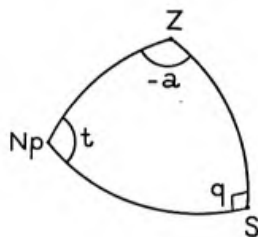


Fig. 6.3

De invloeden van de fouten in  $\varphi$  en  $t$  worden dan minimaal:

$$d\bar{a}_\varphi = 0 \text{ als } \sin a_1 \operatorname{tg} h_1 + \sin a_2 \operatorname{tg} h_2 = 0$$

$$d\bar{a}_t = 0 \text{ als } 2 \operatorname{tg} \varphi - \cos a_1 \operatorname{tg} h_1 - \cos a_2 \operatorname{tg} h_2 = 0$$

Er zijn zeer veel sterrenparen, welke aan laatstgenoemde voorwaarden voldoen. Men heeft dus in de keuze van sterren een grote mate van vrijheid, die men dan ook zo goed mogelijk moet benutten. Immers door de voorgaande gestelde eisen heeft men de invloeden tengevolge van de *systematische fouten* geëlimineerd. De grote graad van vrijheid in keuze moet nu gebruikt worden om de invloeden van de *toevallige fouten* tot een minimum terug te brengen.

Het eindresultaat:  $T_w = a + \psi$  kan door de volgende middelbare fouten aangedaan zijn:

$$m^2_{T_w} = m^2_a + m^2_\psi$$

Voor het azimuth  $a$  bestaan de middelbare fouten uit:

1. fout in het bepalen van het waarnemingsmoment op de tijdmeter . . .  $m_u$ ;
2. fout in het richten op de ster . . . . .  $m_1$ ;
3. fout in het aflezen van de horizontale randverdeling na de instelling op de ster en op het aardse punt + richtfout op het aardse punt . . . .  $m_2$ ;
4. *toevallige* fout in de horizontering van de 2e as van het waarnemingsinstrument  $m_3$ .

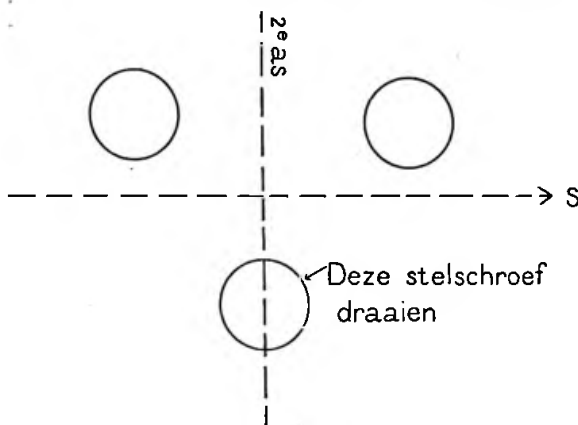


Fig. 6.4

De gemeten hoek  $\psi$  is aangedaan door de fouten  $m_2$  en  $m_3$ , doch de fout  $m_3$  is voornamelijk van belang bij het richten op de ster. De horizontering van de 2e as dient steeds met zorg uitgevoerd te worden. Men doet er goed aan bij het richten op de ster steeds opnieuw te horizonteren, waarvoor de volgende praktische wenk wordt gegeven: Stel het instrument zodanig op, dat men met 1 stelschroef de horizontering van de richting loodrecht op het azimuth van de ster kan verbeteren (fig. 6.4).

Nu zal de invloed van de fouten  $m_u$ ,  $m_1$  t/m  $m_3$  op het azimuth nader bekeken worden.

Een fout in de tijdmeteraflezing is rechtstreeks van invloed op de waarde  $t$ ; de invloed van een fout in  $t$  is reeds besproken:

$$da_t = \cos \varphi (\operatorname{tg} \varphi - \cos a \operatorname{tg} h) dt.$$

Thans volgt de invloed van  $m_1$ . De fout in de azimuthale richting tengevolge van een richtfout  $dr$  is:  $da_r = \sec h dr$  (fig. 6.5), waaruit de middelbare fout volgt:

$$m_{a_r} = m_1 \sec h.$$

Voor  $m_2$  geldt: aangezien dit de middelbare fout in de horizontale hoekmeting voorstelt, doen zich hier geen verdere complicaties voor en blijft de middelbare fout:  $m_2$ .

Wat  $m_3$  betreft zij opgemerkt dat de fout in de horizontering van de 2e as reeds besproken is in par. 2.11.3.1 sub *d* bij de behandeling van de theodoliet. De fout neemt toe met  $\operatorname{tg} h$ ; in algemene vorm uitgedrukt is de middelbare fout dus:  $m_3 \operatorname{tg} h$ .

De besproken middelbare fouten worden nu gesubstitueerd in de vorm:

$m^2_{T_w} = m^2_u + m^2_1 + m^2_2 + m^2_3$ , zodat de volgende algemene vorm verkregen wordt:

$$m^2_{T_w} = \cos^2 \varphi (\operatorname{tg} \varphi - \cos a \operatorname{tg} h)^2 m^2_u + m^2_1 \sec^2 h + m^2_2 + m^2_3 \operatorname{tg}^2 h.$$

Hierin wordt  $\sec^2 h$  vervangen door  $1 + \operatorname{tg}^2 h$  en men vindt dan voor:

de 1e ster:  $m^2_{T_{w_1}} = \cos^2 \varphi (\operatorname{tg} \varphi - \cos a_1 \operatorname{tg} h_1)^2 m^2_u + (m^2_1 + m^2_3) \operatorname{tg}^2 h_1 + (m^2_1 + m^2_2)$ ;

de 2e ster:  $m^2_{T_{w_2}} = \cos^2 \varphi (\operatorname{tg} \varphi - \cos a_2 \operatorname{tg} h_2)^2 m^2_u + (m^2_1 + m^2_3) \operatorname{tg}^2 h_2 + (m^2_1 + m^2_2)$ .

Van beide sterren wordt van de waarden van  $T_w$ , die slechts weinig uiteen dienen te lopen, het gemiddelde bepaald:

$$\bar{T}_w = \frac{1}{2} (T_{w_1} + T_{w_2}) \text{ en}$$

$$\begin{aligned} m^2_{\bar{T}_w} &= \frac{1}{4} (m^2_{T_{w_1}} + m^2_{T_{w_2}}) \\ &= \frac{1}{4} \cos^2 \varphi \{ (\operatorname{tg} \varphi - \cos a_1 \operatorname{tg} h_1)^2 + (\operatorname{tg} \varphi - \cos a_2 \operatorname{tg} h_2)^2 \} m^2_u + \\ &\quad + \frac{1}{4} (m^2_1 + m^2_3) (\operatorname{tg}^2 h_1 + \operatorname{tg}^2 h_2) + \frac{1}{2} (m^2_1 + m^2_2). \end{aligned}$$

Volgens de methode der kleinste kwadraten dient deze vorm met inachtneming van de gestelde voorwaarden  $d\bar{a}_\varphi = 0$  en  $d\bar{a}_t = 0$  een minimum te zijn.

Deze minimum-voorwaarden waren (zie hiervoor):

$$d\bar{a}_\varphi = 0 \text{ als } \sin a_2 \operatorname{tg} h_2 = -\sin a_1 \operatorname{tg} h_1 \quad (1)$$

$$d\bar{a}_t = 0 \text{ als } \cos a_2 \operatorname{tg} h_2 = 2 \operatorname{tg} \varphi - \cos a_1 \operatorname{tg} h_1 \quad (2)$$

Het oplossen van dit minimum-probleem met genoemde voorwaarden is het eenvoudigst uit te voeren door elementen van de vorm voor de 2e ster uit te drukken in elementen van de vorm voor de 1e ster.

$$\sin^2 a_2 \operatorname{tg}^2 h_2 = \frac{\sin^2 a_1 \operatorname{tg}^2 h_1}{\cos^2 a_2 \operatorname{tg}^2 h_2} = 4 \operatorname{tg}^2 \varphi - 4 \operatorname{tg} \varphi \cos a_1 \operatorname{tg} h_1 + \cos^2 a_1 \operatorname{tg}^2 h_1 \quad (3)$$

$$\cos^2 a_2 \operatorname{tg}^2 h_2 = 4 \operatorname{tg}^2 \varphi - 4 \operatorname{tg} \varphi \cos a_1 \operatorname{tg} h_1 + \cos^2 a_1 \operatorname{tg}^2 h_1 \quad (4)$$

$$1. \operatorname{tg}^2 h_2 = 4 \operatorname{tg}^2 \varphi - 4 \operatorname{tg} \varphi \cos a_1 \operatorname{tg} h_1 + 1. \operatorname{tg}^2 h_1 \quad (5)$$

De waarden (2) en (5) gesubstitueerd in de vergelijking voor  $m^2_{\bar{T}_w}$  geeft:

$$\begin{aligned} m^2_{\bar{T}_w} &= \frac{1}{2} \cos^2 \varphi (\operatorname{tg} \varphi - \cos a_1 \operatorname{tg} h_1)^2 m^2_u + \frac{1}{2} (m^2_1 + m^2_3) (2 \operatorname{tg}^2 \varphi + \operatorname{tg}^2 h_1 - \\ &\quad - 2 \operatorname{tg} \varphi \cos a_1 \operatorname{tg} h_1) + \frac{1}{2} (m^2_1 + m^2_2). \end{aligned}$$

Hierin zijn nu de gestelde voorwaarden  $d\bar{a}_\varphi = 0$  en  $d\bar{a}_t = 0$  verwerkt, zodat het minimum-probleem thans geheel losgemaakt is van deze voorwaarden. De laatste vergelijking kan nog in de volgende vorm gesteld worden:

$$\begin{aligned} m^2_{\bar{T}_w} &= \frac{1}{2} m^2_u \left[ \cos^2 \varphi (\operatorname{tg} \varphi - \cos a_1 \operatorname{tg} h_1)^2 + \frac{m^2_1 + m^2_3}{m^2_u} (2 \operatorname{tg}^2 \varphi + \operatorname{tg}^2 h_1 - \right. \\ &\quad \left. - 2 \operatorname{tg} \varphi \cos a_1 \operatorname{tg} h_1) \right] + \frac{1}{2} (m^2_1 + m^2_2). \end{aligned}$$

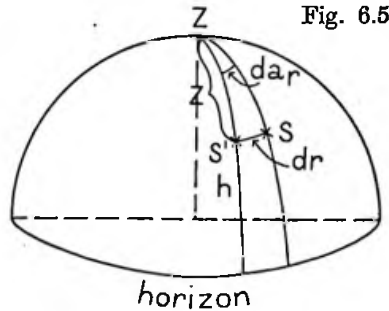


Fig. 6.5

Het gedeelte tussen  $[\ ]$  stelt men nu  $= F$  en de vorm  $\frac{m_1^2 + m_2^2}{m_u^2} = v$ , dan wordt de algemene vergelijking:  $m_{T_w}^2 = \frac{1}{2} m_u^2 F + \frac{1}{2} (m_1^2 + m_2^2)$ .

De waarde van  $m_{T_w}$  wordt een minimum wanneer  $F$  minimaal gemaakt wordt;  $m_u$ ,  $m_1$  en  $m_2$  zijn namelijk constant. In de waarde  $v$  vindt men verenigd de richtfout  $m_1$  (onafhankelijk van de snelheid van het stersbeeld in het kijkerveld),  $m_2$  (afhankelijk van de gevoeligheid van het niveau, dus van de hoekwaarde hiervan) en  $m_u$  (afhankelijk van de wijze van tijdmeting, variërende van  $\pm 0^s,15$  tot  $\pm 0^s,07$ ). De factor  $m_2$  brengt dus door het gebruik van een bepaald instrument enige variatie in de waarde van  $v$ . Zo is voor de theodoliet Wild T2 de waarde van  $v$  bepaald op  $5'',44$ , wanneer  $m_1 = 3''$ ,  $m_2 = 1'',8$  en  $m_u = 0^s,1$  ( $= 1'',5$ ).

De waarde  $F$  bereikt een extreme waarde wanneer de eerste afgeleiden  $F'_{a_1}$  en  $F'_{h_1}$  beide gelijk 0 gesteld worden:

$$F'_{a_1} = 2 \cos^2 \varphi \sin a_1 \operatorname{tg} h_1 (\operatorname{tg} \varphi - \cos a_1 \operatorname{tg} h_1 + v \sec^2 \varphi \operatorname{tg} \varphi) = 0$$

$$F'_{h_1} = -2 \cos^2 \varphi \cos a_1 \sec^2 h_1 (\operatorname{tg} \varphi - \cos a_1 \operatorname{tg} h_1 + v \sec^2 \varphi \operatorname{tg} \varphi - v \sec^2 \varphi \sec a_1 \operatorname{tg} h_1) = 0.$$

Hieruit lost men op:

$$a_1 = 0^\circ; h_1 = +\varphi$$

$$a_1 = 180^\circ; h_1 = -\varphi$$

(Uit de tweede afgeleiden is aan te tonen dat de extreme waarde tevens een minimum is.)

Wanneer men dus zowel de systematische als de toevallige fouten in rekening brengt, blijkt uit het voorgaande, dat voor azimuthbepaling de poolsterren in aanmerking komen ( $h \approx \varphi$ ;  $a \approx 0^\circ/180^\circ$ ). Theoretisch zouden voor het elimineren van de systematische fouten twee sterren geobserveerd moeten worden. Polaris en  $\sigma$  Octantis bevinden zich evenwel zo dicht bij resp. de Noord- en Zuidpool, dat men volstaan kan met het observeren van één enkele ster, mits men het aantal waarnemingsseries even groot neemt als voor het geval men twee sterren waargenomen zou hebben.

Zoals reeds eerder aangegeven is, zal men op lagere breedte genoemde poolsterren moeilijk of in het geheel niet kunnen waarnemen. Men moet dan twee sterren kiezen met gemeten hoogten, die niet gelijk zijn aan de geografische breedte. Beschouwt men  $h_1$  voorlopig onveranderlijk en  $a_1$  veranderlijk, dan krijgt  $F$  een minimum waarde, wanneer de eerste afgeleide van  $F_{a_1}$  gelijk is aan 0 en de tweede afgeleide een positieve waarde heeft.

$$F''_{a_1} = 2 \cos^2 \varphi \operatorname{tg} \varphi \cos a_1 \operatorname{tg} h_1 (1 + v \sec^2 \varphi) + 2 \cos^2 \varphi \operatorname{tg}^2 h_1 (\sin^2 a_1 - \cos^2 a_1) > 0.$$

De volgende waarden van  $a_1$  voldoen aan de vergelijking voor de 1e afgeleide, nl.:

$$a_1 = 0^\circ; a_1 = 180^\circ; \cos a_1 = (1 + v \sec^2 \varphi) \operatorname{tg} \varphi \cotg h_1.$$

Substitueert men deze waarden in de vergelijking voor de tweede afgeleide, dan verkrijgt men (na enige vereenvoudiging):

$$\operatorname{tg} h_1 < (1 + v \sec^2 \varphi) \operatorname{tg} \varphi \quad (1)$$

$$\operatorname{tg} h_1 < -(1 + v \sec^2 \varphi) \operatorname{tg} \varphi \quad (2)$$

$$\operatorname{tg}^2 h_1 > (1 + v \sec^2 \varphi) \operatorname{tg} \varphi \quad (3)$$

De eerste betrekking slaat blijkbaar op waarnemingsplaatsen op Noorderbreedte en de tweede betrekking op plaatsen op Zuiderbreedte ( $\text{tg } h_1$  is altijd groter dan 0 en positief). Uit de derde betrekking blijkt het volgende:

$$\begin{aligned} \text{bij } \varphi > 0 \text{ (Noorderbreedte)} \quad \text{tg } h_1 &> (1 + v \sec^2 \varphi) \text{tg } \varphi \text{ en} \\ \text{bij } \varphi < 0 \text{ (Zuiderbreedte)} \quad \text{tg } h_1 &> -(1 + v \sec^2 \varphi) \text{tg } \varphi \end{aligned}$$

Wanneer men eerst de waarnemingsplaatsen op Noorderbreedte ( $\varphi > 0$ ) beschouwt, blijkt dat men drie gevallen kan onderscheiden:

- a.  $a_1 = 0^\circ$  en aangezien  $\sin a_2 \text{tg } h_2 = -\sin a_1 \text{tg } h_1$  (voorwaarde eliminatie systematische fouten):

$$a_2 = 0^\circ \text{ (of } 180^\circ, \text{ zie geval } b).$$

Bij de behandeling van de systematische fouten werd reeds aangegeven:

$$d\bar{a}_1 = 0^\circ \text{ als } 2 \text{tg } \varphi - \cos a_1 \text{tg } h_1 - \cos a_2 \text{tg } h_2 = 0. \text{ Hierin gesubstitueerd } a_1 = 0^\circ \text{ geeft:}$$

$$2 \text{tg } \varphi = \text{tg } h_1 + \text{tg } h_2, \text{ zodat volgens de betrekking (1):}$$

$$\text{tg } h_2 > (1 - v \sec^2 \varphi) \text{tg } \varphi \text{ en voor } F \text{ geldt dan met betrekking tot } h_1:$$

$$F = v \text{tg}^2 \varphi + (v + \cos^2 \varphi) (\text{tg } \varphi - \text{tg } h_1)^2 \text{ en met betrekking tot } h_2:$$

$$F = v \text{tg}^2 \varphi + (v + \cos^2 \varphi) (\text{tg } \varphi - \text{tg } h_2)^2.$$

Naarmate  $\text{tg } \varphi - \text{tg } h_1$  (of  $\text{tg } \varphi - \text{tg } h_2$ ) kleiner wordt, neemt ook de waarde van  $F$  af; de gunstigst waar te nemen sterren liggen dus bij de polen ( $h \approx \varphi$ ).

- b. Op analoge wijze vindt men:

$$a_1 = 0^\circ; a_2 = 180^\circ \text{ (zie geval } a);$$

$$\text{tg } h_1 - \text{tg } h_2 = 2 \text{tg } \varphi, \text{ waaruit volgens betrekking (1) volgt:}$$

$$\text{tg } h_2 < -(1 - v \sec^2 \varphi) \text{tg } \varphi, \text{ terwijl}$$

$$F = v \text{tg}^2 \varphi + (v + \cos^2 \varphi) (\text{tg } \varphi + \text{tg } h_2)^2.$$

- c.  $\cos a_1 = (1 + v \sec^2 \varphi) \text{tg } \varphi \cotg h_1.$

Reeds eerder werd gevonden (bij het uitdrukken van elementen van de tweede ster in elementen van de eerste ster):

$$\text{tg}^2 h_2 = 4 \text{tg}^2 \varphi + \text{tg}^2 h_1 - 4 \text{tg } \varphi \cos a_1 \text{tg } h_1, \text{ waaruit volgt:}$$

$$\text{tg}^2 h_1 - \text{tg}^2 h_2 = 4v \text{tg}^2 \varphi \sec^2 \varphi. \text{ Substitueert men hiervan de waarde voor } \text{tg } h_1 \text{ in betrekking (3), dan krijgt men:}$$

$$\text{tg } h_2 > -(1 - v \sec^2 \varphi) \text{tg } \varphi. \text{ Voor } F \text{ verkrijgt men:}$$

$$F = 3v^2 \text{tg}^2 \varphi \sec^2 \varphi + v \text{tg}^2 h_2.$$

Uit het voorgaande blijkt dat men in de gevallen *a* en *b* nabij of in de meridiaan observeert, waarbij enige beperkingen opgelegd worden. In geval *a* is  $h_1 \leq \varphi$  of  $h_2 \leq \varphi$ . De minimumhoogte waarop men een ster kan observeren, wordt hierbij bepaald door de helderheid van de atmosfeer. Aanbevolen wordt geen sterren te observeren op een geringere hoogte dan  $15^\circ$ . Wanneer  $h_1$  of  $h_2$  minimaal  $15^\circ$  mag bedragen, volgt hieruit dat de geografische breedte ook minstens  $15^\circ$  moet zijn. In geval *b* wordt  $F$  kleiner naarmate de hoogte kleiner wordt. Neemt men wederom als minimumhoogte  $15^\circ$  aan, dan volgt uit  $\text{tg } h_2 < -(1 - v \sec^2 \varphi) \text{tg } \varphi$  dat, afhankelijk van het gebruikte instrument ( $v$ -waarde), de breedte minimaal ongeveer  $5^\circ$  moet bedragen.

In geval *c* heeft men genoemde beperkingen niet, doch hier moeten de sterren buiten de meridiaan geobserveerd worden, hetgeen bij het opmaken van een meetprogramma bezwaren kan opleveren. Men moet nl. om de sterren voor de waarneming gemakkelijk te kunnen identificeren van te voren hoogte en azimuth op een bepaald tijdstip berekenen. Daarom kan men zonder aan de nauwkeurigheid al te veel afbreuk te doen de grens van geval *b* zonder bezwaar tot  $\varphi = 0^\circ$  uitbreiden.

Aan de hand van het voorgaande wordt thans een overzicht gegeven van de te observeren sterren geldende zowel voor Noorder- als Zuiderbreedte.

*Azimuthbepaling uit uurhoekmeting van sterren*

I. Geografische breedte *kleiner* dan  $15^\circ$  (N of S).

Men observeert een sterrenpaar (een ster in of nabij de Noord- en een ster in of nabij de Zuidmeridiaan):

$\varphi > 0^\circ$  :  $h_2 = 15^\circ$  in de Zuidmeridiaan;  $h_1$  in de Noordmeridiaan;

$\varphi < 0^\circ$  :  $h_2 = 15^\circ$  in de Noordmeridiaan;  $h_1$  in de Zuidmeridiaan.

$h_1$  vindt men dan uit  $\text{tg } h_1 = 2 \text{ tg } \varphi + \text{tg } 15^\circ$  (absolute waarde van  $\varphi$  nemen).

II. Geografische breedte *groter* dan  $15^\circ$  (N of S).

Men observeert Polaris ( $\alpha$  Ursae Minoris) op N-breedte en  $\sigma$  Octantis op S-breedte en neemt evenveel series waar als men anders een sterrenpaar gemeten zou hebben.

Zijn genoemde sterren door omstandigheden moeilijk waar te nemen, dan observeert men een sterrenpaar in of nabij de meridiaan (een ster in de Noord- en een ster in de Zuidmeridiaan). Aan de volgende voorwaarden moet voldaan worden:

$\text{tg } h_1 + \text{tg } h_2 = 2 \text{ tg } \varphi$  (absolute waarde van  $\varphi$ );

$h_1 > 15^\circ$ ;  $h_2 \geq 15^\circ$ .

Is het laatste ook niet mogelijk, dan valt men terug op I ( $\varphi < 15^\circ$ ).

Voor een uitvoerige behandeling van de middelbare fouten, welke te verwachten zijn, wordt verwezen naar het werk van Prof. R. Roelofs: „Astronomy applied to Land Surveying” (uitgave N.V. Wed. J. Ahrend en Zoon, Amsterdam).

**6.3.2 Praktische uitvoering van een azimuthbepaling uit stersuurhoekmetingen**

Voor de waarnemingen is het volgende *instrumentarium* benodigd:

In de *waarnemingsplaats*:

- 1 theodoliet met complete nachtverlichting en statief;
- 1 tasje met prisma-ocularen voor theodoliet;
- reservelampjes en verse batterijen voor nachtverlichting theodoliet; enige elektrische zaklantaarns;
- 1 meetlint;
- 1 tijdmetr (eventueel 1 reserve);
- 1 stophorloge;
- 1 of meer zak(pols)uurwerken aangevende zonetijd;
- 1 waterdichte map met meetboekje, kladpapier, meetprogramma en potloden;
- 1 aneroidebarometer geijkt met gecorrigeerde kwikbarometer aan boord;
- 1 slingerthermometer;

- 1 accu met verlichting voor assistent (opschrijver);
- 1 aldisseinlamp;
- 1 draagbare radio-ontvanger met verse batterijen en antennemateriaal;
- 1 tent c.q. presenning voor assistent;
- 1 tafeltje met krukje voor idem;
- eventueel muskietengaas en „insect-repellent”;
- 1 meetlint.

In het *punt*, waarop gemeten wordt :

- 1 accu met lamp voor verlichting van het meetpunt;
- 1 aldisseinlamp;
- 1 lijstje met afgesproken seinen (b.v. „verlichting ontsteken/doven”, „dimmen”, enz.);
- eventueel „insect-repellent”.

Hetgeen in par. 4.1.6 over de algemene aanwijzingen bij astronomische waarnemingen vermeld werd, geldt ook voor de azimuthbepaling. De nadruk wordt gelegd op een goede centrering van het instrument en op een zuivere horizontering van de 2e as in de richting loodrecht op het azimuth van de te observeren ster. Moet men noodgedwongen excentrisch meten, dan moet de buitenbaaksafstand en richting nauwkeurig en op minstens twee van elkaar onafhankelijke wijzen bepaald worden.

Van te voren heeft men een *meetprogramma* opgesteld aan de hand van de voorwaarden, die aan het slot van par. 6.3.1 vermeld werden. Over het algemeen is het voldoende 1 sterrenpaar te observeren, doch als reserve neemt men in het programma nog enige reserve-paren op.

Vóór en na de waarnemingen dient ter plaatse d. m. v. radiotijdseinen de stand van de tijdmetr zo goed mogelijk bepaald te worden.

Het *meetschema* voor waarnemingen met een *theodoliet* Wild T2 is als volgt:

| Kijkerstand | Randstand | Voorwerp    |            |
|-------------|-----------|-------------|------------|
| RR          | 0°        | Aardse punt | } $\psi_1$ |
| 1           |           | Ster        |            |
| 2           |           | Ster        | } $\psi_2$ |
| RR          | 0°        | Aardse punt |            |
| RL          | 225°      | Aardse punt | } $\psi_3$ |
| 1           |           | Ster        |            |
| 2           |           | Ster        | } $\psi_4$ |
| RL          | 225°      | Aardse punt |            |
| RL          | 270°      | Aardse punt | } $\psi_5$ |
| 1           |           | Ster        |            |
| 2           |           | Ster        | } $\psi_6$ |
| RL          | 270°      | Aardse punt |            |
| RR          | 135°      | Aardse punt | } $\psi_7$ |
| 1           |           | Ster        |            |
| 2           |           | Ster        | } $\psi_8$ |
| RR          | 135°      | Aardse punt |            |

N.B. Dit schema geldt voor 1 ster van het paar; de andere ster wordt op dezelfde wijze waargenomen. Bij de observatie van een poolster (dus 1 ster beschikbaar) wordt het meet-schema voor deze ster tweemaal uitgevoerd.



Men vangt het stersbeeld in het kijkerveld in de verticale lijn van het meetkruis op zo dicht mogelijk in de nabijheid van de horizontale lijn. Op dit moment wordt op de tijdmeter gestopt. Eventueel maakt men gebruik van een chronograaf.

Een uitgewerkt voorbeeld van een azimuthbepaling uit sterswaarnemingen met uurhoekmeting vindt men in „Hydrografische Becijferingen 1950” (uitgave Ministerie van Marine; niet in de handel).

### 6.3.3 Azimuthbepaling uit zonswaarnemingen met uurhoekmeting

Voor de azimuthbepaling d. m. v. zonswaarnemingen met uurhoekmeting kan vrijwel dezelfde redenering van par. 6.3.1 gevolgd worden. Uit de aard der zaak is hier de keuze slechts beperkt tot één hemellichaam. De berekening geschiedt eveneens uitgaande van de grondformule:

$$\cot g a = \frac{\sin \varphi \cos t - \cos \varphi \operatorname{tg} \delta}{\sin t}$$

De waarde  $t$  wordt wederom indirect gemeten door aflezing van een tijdmeter op het waarnemingsmoment. Bij gebruik van een middelbare tijdmeter wordt na toepassing van de stand het lengteverschil met Greenwich (in tijdseenheden uitgedrukt) en de tijdvereffening op de tijdmeteraanwijzing de uurhoek van de zon op het waarnemingsmoment bepaald. Een tijdtransformatie, die bij de sterswaarnemingen noodzakelijk is, blijft hier achterwege.

Aangezien de declinatie ( $\delta$ ) betrekking heeft op het middelpunt van de zon, dient de uiteindelijk berekende waarde van het azimuth eveneens t. o. v. dit middelpunt bepaald te zijn.

Dus voor de afleiding van het azimuth van het aardse punt moet men de hoek kennen tussen het middelpunt van de zon en eerstgenoemd punt. Het richten op het middelpunt is bezwaarlijk uit te voeren. De moeilijkheden van het excentrisch richten en de middelen om hieraan zo goed mogelijk tegemoet te komen zijn reeds in par. 2.13 behandeld. Wanneer men voor het richten het voorzetprisma „Roelofs” gebruikt, moet op het afgeleide azimuth een correctie  $\Delta a = \pm 11' 30'' \sec h$  toegepast worden. Gebruikt men de zonsrand voor de aanraking met de verticale lijn van het meetkruis in het kijkerveld, dan wordt de correctie  $\Delta a = \pm \frac{1}{2} d \sec h$  toegepast. In deze correctieformules stelt  $h$  de middelpuntshoogte van de zon voor en  $d$  de diameter van de zon, welke voor de datum van waarneming in de Nautical Almanac opgezocht kan worden. De middelpuntshoogte van de zon behoeft niet mede gemeten te worden; voor waarnemingen, die volstaan met een nauwkeurigheid van enkele boogseconden, is het voldoende deze hoogte te bepalen met het nomogram van Tafel XXII uit de Hydrografische Tafels 1950 (uitgave Ministerie van Marine). Wenst men een grotere nauwkeurigheid dan berekent men de middelpuntshoogte met de formule:

$$\sin h = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos t$$

Ook kan men bij gebruik van het voorzetprisma „Roelofs” na het richten behalve de horizontale rand tevens de verticale randverdeling aflezen, mits men bij het richten er voor gezorgd heeft de horizontale arm van het zonsrozet met de horizontale lijn van het meetmerk samen te laten vallen. De indexfout van de verticale alhidade moet dan zo klein mogelijk gemaakt zijn, terwijl men voor de

aflezing het niveau van de verticale alhidade moet laten inspelen. Op de afgelezen hoogten moet de prismacorrectie ( $\pm 11' 30''$ ) en de refractiecorrectie toegepast worden.

Voor het beschouwen van de *systematische fouten* worden dezelfde differentiatieformules toegepast:

$$da_t = \cos \varphi (\operatorname{tg} \varphi - \cos a \operatorname{tg} h) dt \text{ en}$$

$$da_\varphi = \sin a \operatorname{tg} h d\varphi.$$

Een fout in de uurhoek  $t$  wordt weer onschadelijk gemaakt wanneer de zon zich in grootste elongatie bevindt. De zon komt alleen in grootste elongatie als  $\delta > \varphi$  en aangezien de declinatie van de zon varieert van  $-23^\circ,5$  tot  $+23^\circ,5$ , treedt grootste elongatie alleen op voor waarnemingsplaatsen binnen de keerkringen. Voor plaatsen buiten de keerkringen zou men moeten nagaan wanneer de vorm  $da_t$  een minimum bereikt. Dit is op analytische wijze uit te voeren, doch een en ander geeft i. v. m. het voorkomen van 4e graadstermen veel complicaties. De grafische oplossing van het probleem geeft aan dat het minimum, zo het aanwezig is, zeer zwak is.

Een fout in de geografische breedte heeft geen invloed, indien  $a = 180^\circ$  (ook  $a = 0^\circ$ , doch dit is te middernacht!). De zon zou dus feitelijk in culminatie geobserveerd moeten worden, d.w.z. meestal op grote hoogte. Dit beïnvloedt weer ongunstig de waarde van  $da_t$ , waarin men liefst de factor  $\operatorname{tg} h$  zo klein mogelijk houdt. Men kan de ongunstige invloed van een fout in breedte beter langs een andere weg zo klein mogelijk maken. Men observeert de zon dan 's morgens en 's middags op ongeveer gelijke hoogten. De azimuths hebben dan een tegengesteld teken; de coëfficiënten in de vorm van  $da_t$  hebben eveneens een tegengesteld teken, waardoor bij middelen van de resultaten van de ochtend- en middagwaarnemingen de invloeden opgeheven worden.

Voor de beschouwing van de *toevallige fouten* kan wederom de formule, welke in par. 6.3.1 hiervoor gevonden werd, dienen:

$$m_{\overline{T}}^2 = \frac{1}{2} \cos^2 \varphi (\operatorname{tg} \varphi - \cos a \operatorname{tg} h)^2 m_u^2 + \frac{1}{2} (m_1^2 + m_2^2) (2 \operatorname{tg}^2 \varphi + \operatorname{tg}^2 h - 2 \operatorname{tg} \varphi \cos a \operatorname{tg} h) + \frac{1}{2} (m_1^2 + m_2^2).$$

(Hierin stelt men nu  $h_1 = h_2 = h$  en  $a_1 = -a_2$ .)

Ook hier blijkt dat het gunstig is de zon bij een geringe hoogte te observeren om de middelbare fout klein te houden ( $\operatorname{tg} h$  minimum).

Het voorgaande geeft aanleiding de volgende *werkwijze bij azimuthbepaling uit zonsuurhoekmetingen* aan te bevelen:

Observeer de zon vóór en na de middag op ongeveer gelijke hoogten, welke zo laag mogelijk dienen te zijn (i. v. m. de astronomische straalbuiging echter niet kleiner dan  $10^\circ$ ).

### 6.3.4 Practische uitvoering van een azimuthbepaling uit zonsuurhoekmetingen

Voor de waarnemingen is het volgende *instrumentarium* benodigd:

- 1 theodoliet met statief;
- 1 voorzetprisma „Roelofs” c.q. rood (of groen) filter voor kijkeroculair;
- 1 tijdmetr c.q. observatiehorloge (eventueel reserve);
- 1 stophorloge;

# § 6.3.4

- 1 of meer zak(pols)uurwerken aangevende zonetijd;
- 1 waterdichte map met meetboekje, kladpapier, meetprogramma en potloden;
- 1 meetlint.

De algemene aanwijzingen voor astronomische waarnemingen (par. 4.1.6) dienen in acht genomen te worden. Voor een zorgvuldige centering van de theodoliet en voor een nauwkeurige horizontering van de 2e as in de richting loodrecht op die van de zon moet gezorgd worden. Bij buitenbaaksmetingen moeten de excentrische gegevens zo nauwkeurig mogelijk en op minstens twee van elkaar onafhankelijke wijzen bepaald worden.

Men vermeldt op het *meetprogramma* de tijdstippen in zonetijd, waarop de zon 's morgens en 's middags een hoogte van  $10^\circ$  bereikt. Deze tijden zijn met behulp van het reeds eerder genoemde nomogram van Tafel XXII uit de Hydrografische Tafels 1950 af te leiden. Men begint de ochtendwaarnemingen op het moment dat  $h = 10^\circ$  en de middagwaarnemingen op een tijdstip ongeveer een half uur voordat de zon deze hoogte heeft.

Het *meetschema* voor waarnemingen met een *theodoliet* (Wild T2) is als volgt:

a. met gekleurd oculairfilter:

| Kijkerstand | Randstand   | Voorwerp    |            |
|-------------|-------------|-------------|------------|
| RR          | $0^\circ$   | Aardse punt | } $\psi_1$ |
| 1           |             | Zon o   p   |            |
| 2           |             | Zon p o     | } $\psi_2$ |
| RR          | $0^\circ$   | Aardse punt |            |
| RL          | $225^\circ$ | Aardse punt | } $\psi_3$ |
| 1           |             | Zon o   p   |            |
| 2           |             | Zon p o     | } $\psi_4$ |
| RL          | $225^\circ$ | Aardse punt |            |
| RL          | $270^\circ$ | Aardse punt | } $\psi_5$ |
| 1           |             | Zon o   p   |            |
| 2           |             | Zon p o     | } $\psi_6$ |
| RL          | $270^\circ$ | Aardse punt |            |
| RR          | $135^\circ$ | Aardse punt | } $\psi_7$ |
| 1           |             | Zon o   p   |            |
| 2           |             | Zon p o     | } $\psi_8$ |
| RR          | $135^\circ$ | Aardse punt |            |

In het schema stelt voor:

o | = rechterkant zon tegen verticale lijn meetkruis;

p | = linkerkant zon tegen verticale lijn meetkruis.

Indien van een stel (p o | of o | p) de beide waarnemingen snel achtereenvolgens verricht worden (binnen 1 tijdsminuut) mag men de tijdmeteraanwijzingen en horizontale rand-aflezingen van beide middelen en verder het stel als één waarneming beschouwen. Hierdoor wordt de halve middellijn van de zon geëlimineerd. Men neemt hierbij

aan dat in een zeer klein tijdsverloop het azimuth evenredig met de tijd verandert. Door het middelen krijgt men voor de becijfering uiteindelijk 8 instellingen op de zon met 8 hierbij behorende tijdmeteraanwijzingen en 8 instellingen op het aardse punt. De waarneming is geheel compleet, indien men 1 serie volgens het schema vóór en 1 serie na de middag heeft waargenomen. Als eindresultaat wordt aangenomen het gemiddelde van de gemiddelden der series vóór en na de middag.

b. met voorzetprisma „Roelofs”:

Conform a, met dien verstande dat in elke randstand (dus tussen twee instellingen op het aardse punt) slechts twee instellingen in plaats van vier op de zon plaats hebben. Door het prisma wordt nl. de middellijn van de zon reeds geëlimineerd; de verticale as van het zonsrozet laat men samenvallen met de verticale lijn van het meetkruis. Wel moet bij de becijfering de prismacorrectie ( $\pm 11' 30''$  sec h) toegepast worden.

Voor de berekening van de declinatie ( $\delta$ ), welke waarde tijdens de waarnemingen verandert, bepaalt men voor GMT van de eerste instelling op de zon uit de Nautical Almanac de waarde van  $\delta$  met toepassing van 1e en 2e verschil. Tevens gaat men in de Almanac na de declinatieverandering ( $\Delta\delta$ ) per minuut voor de opgegeven datum en past deze correctie, vermenigvuldigd met het tijdsverloop (in tienden van minuten nauwkeurig), voor elk waarnemingstijdstip op het eerder gevonden bedrag van  $\delta$  toe. Om gemakkelijk te kunnen rekenen drukt men het tijdstip van de 1e waarneming uit in 0,0001 van een dag (= 86400 sec), zodat een interpolatiefactor verkregen wordt.

In „Hydrografische Becijferingen 1950” vindt men een uitgewerkt voorbeeld van een azimuthbepaling uit zonswaarneming met uurhoekmeting.

## 6.4 Azimuthbepaling uit hoogtemeting

In de parallaxische driehoek (fig. 6.2), waarin  $q$  de parallaxische hoek is, berekent men, bij bekend zijn van de elementen  $90^\circ - \varphi$ ,  $90^\circ - \delta$  en  $90^\circ - h$ , het azimuth  $a$ . De breedte van de waarnemingsplaats is door astronomische plaatsbepaling of uit de triangulatie bekend, de waarde van  $\delta$  is voor het tijdstip van waarneming in een almanak op te zoeken, terwijl de hoogte van het hemellicht dan gemeten moet worden.

$$\text{In genoemde boldriehoek geldt: } \cos a = \frac{\sin \delta - \sin \varphi \sin h}{\cos \varphi \cos h}.$$

### 6.4.1 Azimuthbepaling uit sterswaarnemingen met hoogtemeting

Ook hier zal eerst nagegaan worden de invloed van eventuele *systematische* fouten op het bepaalde azimuth.

Om de invloed van een fout in de gebruikte *geografische breedte* na te gaan differentieert men de grondformule, hetgeen geeft:

$$da_\varphi = (\text{tg } h \text{ cosec } a - \text{tg } \varphi \cotg a) d\varphi = \text{cosec } a (\text{tg } h - \cos a \text{ tg } \varphi) d\varphi;$$

$da_\varphi = 0$  als  $\text{tg } h = \cos a \text{ tg } \varphi$ . Deze formule geldt voor een rechthoekige boldriehoek, die rechthoekig is in  $N_p$  (of  $S_p$ ), zodat  $t = 90^\circ/270^\circ$ .

Voor een beschouwing van de invloed van een fout in *hoogte*, die een gevolg is van het toepassen van een *foutieve refractiecorrectie*, differentieert men genoemde formule als volgt:

$$da_h = (tg \varphi \operatorname{cosec} a - tg h \cotg a) dh = \operatorname{cosec} a (tg \varphi - \cos a \operatorname{tg} h) dh$$

of wanneer men  $dh = -dr$  (fout in refractie) stelt:

$$da_h = -\operatorname{cosec} a (tg \varphi - \cos a \operatorname{tg} h) dr.$$

Hieruit volgt dat een kleine fout in hoogte geëlimineerd wordt, wanneer  $tg \varphi = \cos a \operatorname{tg} h$ . Deze formule geldt in de parallaxische driehoek wanneer de parallaxische hoek recht is ( $q = 90^\circ$ ). Men moet dus de ster in *grootste elongatie* observeren.

Ook hier blijkt weer dat door het observeren van één ster beide systematische fouten niet gelijktijdig te elimineren zijn, aangezien in de parallaxische driehoek de uurhoek en de parallaxische hoek niet beide  $90^\circ$  kunnen zijn. Men moet dus twee sterren van een paar waarnemen, die onder bepaalde voorwaarden te observeren zijn, zodanig dat de systematische fouten in beide waarnemingen zo goed mogelijk tegen elkaar wegvallen. Voor elke ster van het paar geldt:

$$da_\varphi = \operatorname{cosec} a (tg h - \cos a \operatorname{tg} \varphi).$$

$$da_h = -\operatorname{cosec} a (tg \varphi - \cos a \operatorname{tg} h) dr.$$

De invloed van beide fouten op het gemiddelde van de waarnemingen van twee sterren is nihil als de coëfficiënten van de vormen voor  $da_\varphi$  en  $da_h$  van beide sterren gelijk zijn, doch een tegengesteld teken hebben:

$$da_\varphi = 0 \text{ als } \operatorname{cosec} a_1 (tg h_1 - \cos a_1 \operatorname{tg} \varphi) = -\operatorname{cosec} a_2 (tg h_2 - \cos a_2 \operatorname{tg} \varphi).$$

$$da_h = 0 \text{ als } \operatorname{cosec} a_1 (tg \varphi - \cos a_1 \operatorname{tg} h_1) = -\operatorname{cosec} a_2 (tg \varphi - \cos a_2 \operatorname{tg} h_2).$$

(Men neemt bij de laatste voorwaarde aan dat de fouten in de refractie bij de waarneming van de 1e en de 2e ster elkaar opheffen.)

Aan deze voorwaarden wordt uitsluitend voldaan wanneer:

$$h_1 = h_2 \text{ en } a_1 = -a_2.$$

Ten aanzien van de hoogten van beide sterren worden blijkbaar geen eisen gesteld, mits deze maar gelijk zijn. Voor de eliminatie van de systematische fouten bestaat dus een vrij grote graad van vrijheid in de keuze van de sterrenparen, hetgeen zeer goed van pas komt bij de beschouwing van de *toevallige fouten*. Immers dient nu nagegaan te worden bij welke azimuths en hoogten van beide sterren de invloed van deze fouten een minimum is. Men kan de formule voor de middelbare fout in het azimuth  $T_w (= a + \varphi)$  als volgt samenstellen:

$$m_{T_w}^2 = m_1^2 \sec^2 h + m_2^2 + m_3^2 \operatorname{tg}^2 h + (m_4^2 + m_5^2) \sec^2 h \cotg^2 q + m_6^2 \operatorname{cosec}^2 h \cotg^2 q + m_7^2 \cos^2 \varphi (tg \varphi - \cos a \operatorname{tg} h)^2.$$

Hierin zijn de volgende middelbare fouten opgenomen:

$m_1$  = middelbare fout in het azimuthaal richten op de ster;

$m_2$  = groep van middelbare fouten, bestaande uit: m.ft. in het richten op het aardse punt, in het aflezen van de horizontale randverdeling bij het instellen op de ster en op het aardse punt;

$m_3$  = m.ft. in het horizonteren van het instrument;

$m_4$  = m.ft. bij het inspelen van het niveau van de verticale alhidade en in het aflezen van de verticale randverdeling;

$m_5$  = m.ft. in het zenithaal richten op de ster;

$m_6 \cotg h$  = m.ft. in de refractie;

$m_7$  = m.ft. in het stoppen van de horizontale volgbeweging, wanneer het stersbeeld de horizontale lijn van het meetmerk bereikt heeft.

Ter toelichting zij het volgende vermeld:

$m_1$ : De middelbare fout in het azimuthaal richten door de fout  $da = \Delta \operatorname{cosec} z = \Delta \sec h$  (fig. 6.5,  $\Delta = dr$  en  $da = da_r$ ), zodat  $m_1^2 = m_2^2 \sec^2 h$ .

$m_2$ : Geen toelichting nodig.

$m_3$ : De fout door foutieve justering werd reeds in par. 6.3.1 behandeld.

$m_4$  en  $m_5$ : De invloed van deze fouten volgt uit:  $da_h = \operatorname{cosec} a (\operatorname{tg} \varphi - \cos a \operatorname{tg} h) dh$  of na enige herleiding =  $\sec h \cotg q$ .

$m_6$ : Als  $m_4$  en  $m_5$ ; aangezien de refractie evenredig is met  $\cotg h$ :  $m_6 \operatorname{cosec} h \cotg q$ .

$m_7$ : Het richten geschiedt gelijktijdig in azimuthale en in zenithale zin. Hier moet men twee met elkaar corresponderende groottheden bepalen, nl. de horizontale en de verticale randverdeling moeten afgelezen worden. Het waarnemingsmoment is het ogenblik dat het stersbeeld zich in het snijpunt van de verticale en horizontale lijn van het meetkruis in de kijker bevindt (d. i. in de kijkeras). De volgende richtwijze wordt aanbevolen: Men vangt het stersbeeld in de verticale lijn op en volgt met de horizontale fijnbeweging van het instrument het stersbeeld zodanig, dat dit op de verticale lijn blijft. Van te voren is aan de kijker een zodanige elevatie gegeven, dat het rijzende c.q. dalende stersbeeld een niet te lange tijd nodig heeft om de horizontale lijn te snijden. Op dit moment, waarbij het stersbeeld zich dus nog steeds op de verticale lijn bevindt, wordt dan de horizontale fijnbeweging losgelaten en leest men de horizontale en verticale randverdeling af. Men „stopt” hier als het ware het moment van snijden van de horizontale lijn door het stersbeeld op de horizontale randverdeling, zoals men een bepaald moment op de tijdmetre stopt. Aannemende, dat beide wijzen van stoppen een soortgelijke middelbare fout opleveren, kan men in analogie met de m.ft. in een chronograafstoppen vaststellen:  $m_7 = \pm 0^s,07 = \pm 1'',05$ , terwijl aan de formule voor de middelbare fout de gedaante gegeven kan worden van de formule voor  $m_u$  (par. 6.3.1)  $= m_7 \cos \varphi (\operatorname{tg} \varphi - \cos a \operatorname{tg} h)$ .

Thans dient nagegaan te worden wanneer de vorm  $m^2_{T_w}$  minimaal wordt. Bij een bepaalde hoogte  $h$  en bij een waarde voor  $q = 90^\circ/270^\circ$ , dus bij *grootste elongatie* geldt:  $m^2_{T_w} = m_1^2 \sec^2 h + m_2^2 + m_3^2 \operatorname{tg}^2 h$  ( $\cotg q = 0$ , terwijl bij *grootste elongatie* de  $m_7$ -term ook verwaarloosd kan worden).

Zoals reeds eerder aangegeven is, geeft het meten in *grootste elongatie* een onaangename beperking, immers moet dan de hoogte ( $h$ ) altijd groter zijn dan de breedte ( $\varphi$ ). Op hoge breedte wordt dan de stershoogte ook groot, hetgeen een nadeel oplevert voor de termen  $\sec h$  en  $\operatorname{tg} h$ , welke nog in voorgaande formule overblijven. De vraag rijst dan of met deze grote hoogte het meten in *grootste elongatie* nog voordelen oplevert; of met het meten van kleinere hoogten, dus niet in *grootste elongatie* en met behoud van alle 7 termen een zo goed mogelijke eliminatie van de toevallige fouten ook niet mogelijk zou zijn.

Bij de volgende redenering wordt de  $m_7$ -term voorlopig buiten beschouwing gelaten. De rest van de termen wordt minimaal, wanneer  $\cotg q$  minimaal wordt, dus  $q$  maximaal. In de boldriehoek geldt:

$$\frac{\sin 90^\circ - \varphi}{\sin q} = \frac{\sin 90^\circ - h}{\sin t} \text{ of } \sin q = \frac{\cos \varphi}{\cos h} \sin t.$$

Bij een bepaalde hoogte  $h$  is  $q$  maximaal, wanneer  $t = 90^\circ/270^\circ$ . Men onderscheidt de gevallen (fig. 6.6):

$$\begin{aligned} h < \varphi & \quad t = 90^\circ/270^\circ \text{ en} \\ h > \varphi & \quad q = 90^\circ/270^\circ \end{aligned}$$

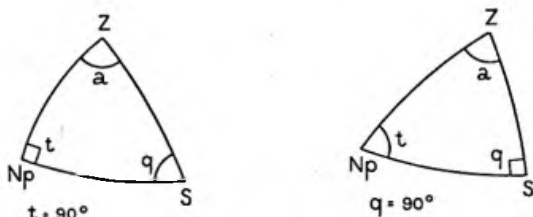


Fig. 6.6

$$\text{Bij } t = 90^\circ (h < \varphi) : \sin q = \frac{\cos \varphi}{\cos h}.$$

$$\begin{aligned} \cotg^2 q &= \frac{\cos^2 q}{\sin^2 q} = \frac{1 - \sin^2 q}{\sin^2 q} = \frac{1 - \frac{\cos^2 \varphi}{\cos^2 h}}{\frac{\cos^2 \varphi}{\cos^2 h}} = \frac{1}{\cos^2 \varphi} \frac{1}{\cos^2 h} \\ &= \frac{(1 + \tg^2 \varphi) - (1 + \tg^2 h)}{\frac{1}{\cos^2 h}} = (\tg^2 \varphi - \tg^2 h) \cos^2 h. \end{aligned}$$

Laatstgenoemde waarde is nu te substitueren in de  $m^2_{T_w}$ -formule. De aandacht wordt gevestigd op de  $\cos a$ -factor in de uitdrukking voor  $m_7$ :

$$\begin{aligned} \cos a &= \frac{\tg h}{\tg \varphi}; \sin^2 a = 1 - \cos^2 a = 1 - \frac{\tg^2 h}{\tg^2 \varphi} \\ \sin^2 a &= \frac{\tg^2 \varphi - \tg^2 h}{\tg^2 \varphi}. \end{aligned}$$

De formule voor  $m^2_{T_w}$  wordt dan:

$$m^2_{T_w} = m^2_1 \sec^2 h + m^2_2 + m^2_3 \tg^2 h + (m^2_4 + m^2_5) (\tg^2 \varphi - \tg^2 h) + m^2_6 (\tg^2 \varphi - \tg^2 h) \cotg^2 h + m^2_7 \cos^2 \varphi (\tg^2 \varphi - \tg^2 h) \cotg^2 \varphi.$$

Stelt men  $\sec^2 h = 1 + \tg^2 h$  dan wordt de formule:

$$m^2_{T_w} = (m^2_1 + m^2_3) \tg^2 h + (m^2_4 + m^2_5) (\tg^2 \varphi - \tg^2 h) + m^2_6 (\tg^2 \varphi - \tg^2 h) \cotg^2 h + m^2_7 \cos^2 \varphi \cotg^2 \varphi (\tg^2 \varphi - \tg^2 h) + m^2_2.$$

De  $m_7$ -term moet nu nog even nader bekeken worden. In de verkregen formule krijgt bij  $h < \varphi$  deze term nu geen minimum. De vraag is nu in welke mate de zaak hierdoor ongunstig beïnvloed wordt. In de eerste plaats bereikt deze term een minimum wanneer in de oorspronkelijke factor  $(\operatorname{tg} \varphi - \cos a \operatorname{tg} h)$  de waarde  $\cos a$  een maximum bereikt, d. i. als  $a = 0^\circ/180^\circ$ , dus als de ster in de meridiaan geobserveerd wordt. Er is dan evenwel geen variatie in hoogte, zodat de keuze van het sterrenpaar moeilijker wordt (i. v. m. de eliminatie van de systematische fouten moet  $h_1 = h_2$  zijn). De zaak wordt hiermede evenwel ongunstiger voorgesteld dan zij in werkelijkheid is. Het verschil  $m_7 \cos \varphi (\operatorname{tg} \varphi - \operatorname{tg} h) \{ \cotg \varphi (\operatorname{tg} \varphi + \operatorname{tg} h) - 1 \}$ , d. i. het verschil tussen  $m_7$ -waarde en de theoretische minimumwaarde kan ook als volgt geschreven worden:

$$m_7 \cos \varphi (\operatorname{tg} \varphi - \operatorname{tg} h) \cotg \varphi \operatorname{tg} h = m_7 \cos \varphi \cotg \varphi (\operatorname{tg} \varphi \operatorname{tg} h - \operatorname{tg}^2 h).$$

Dit verschil wordt maximaal, wanneer de eerste afgeleide (naar  $h$  gedifferentieerd) gelijk aan 0 wordt:

$$\operatorname{tg} \varphi - 2 \operatorname{tg} h = 0 \text{ of } \operatorname{tg} h = \frac{1}{2} \operatorname{tg} \varphi.$$

Het maximumverschil treedt dan op bij  $t = 0^\circ$ . Substitueert men  $\operatorname{tg} h = \frac{1}{2} \operatorname{tg} \varphi$  in de laatste  $m_7$ -formule, dan verkrijgt men:

$$m_7 \cos \varphi \cotg \varphi \left( \frac{1}{2} \operatorname{tg}^2 \varphi - \frac{1}{4} \operatorname{tg}^2 \varphi \right) = \frac{1}{4} m_7 \cos \varphi \cotg \varphi \operatorname{tg}^2 \varphi = \frac{1}{4} m_7 \sin \varphi.$$

Observeert men op een breedte, die niet groter is dan  $60^\circ$  en bedraagt  $m_7$  b.v.  $1''$ , dan is het verschil maximaal slechts  $0''$ ,23. Het is dus wel verantwoord de  $m_7$ -factor verder buiten beschouwing te laten bij het minimum-onderzoek.

Resumerende heeft men dus de volgende gevallen:

- a.  $q = 90^\circ/270^\circ$ ;  $h > \varphi$ ;  $m_{T_w(\min)}^2 = (m_1^2 + m_3^2) \operatorname{tg}^2 h + m_1^2 + m_2^2$ ;  
 b.  $t = 90^\circ/270^\circ$ ;  $h < \varphi$ ;  $m_{T_w(\min)}^2 = (m_1^2 + m_3^2) \operatorname{tg}^2 h + m_1^2 + m_2^2 +$   
 $+ (m_4^2 + m_5^2) (\operatorname{tg}^2 \varphi - \operatorname{tg}^2 h) + m_6^2 (\operatorname{tg}^2 \varphi -$   
 $- \operatorname{tg}^2 h) \cotg^2 h + m_7^2 \cos^2 \varphi \cotg^2 \varphi (\operatorname{tg}^2 \varphi - \operatorname{tg}^2 h)^2.$

In het geval *b* moet nu nog onderzocht worden bij welke hoogte ( $h$ ) een minimum optreedt;  $h$  wordt dan als een variabele term beschouwd. Hiertoe moet men trachten  $h$  in een functie met  $\operatorname{tg}^2 \varphi$  te verbinden.

$$m_{T_w}^2 = (-m_1^2 - m_3^2 + m_4^2 + m_5^2) (\operatorname{tg}^2 \varphi - \operatorname{tg}^2 h) + m_6^2 (\operatorname{tg}^2 \varphi - \operatorname{tg}^2 h) \cotg^2 h +$$

$$+ m_7^2 \cos^2 \varphi \cotg^2 \varphi (\operatorname{tg}^2 \varphi - \operatorname{tg}^2 h)^2 + (m_1^2 + m_3^2) \operatorname{tg}^2 \varphi + m_1^2 + m_2^2.$$

Hierin is de  $m_6$ -term vrij onhandelbaar door de vorm  $\cotg^2 h$ , zodat we voorlopig deze term buiten beschouwing laten, terwijl later nagegaan zal worden of deze handelwijze toelaatbaar is.

De laatste uitdrukking kan in de volgende vorm weergegeven worden:

$$m_{T_w}^2 = (\operatorname{tg}^2 \varphi - \operatorname{tg}^2 h) \left\{ (-m_1^2 - m_3^2 + m_4^2 + m_5^2) + m_7^2 \cos^2 \varphi \cotg^2 \varphi (\operatorname{tg}^2 \varphi - \operatorname{tg}^2 h) \right\} +$$

$$+ m_6^2 (\operatorname{tg}^2 \varphi - \operatorname{tg}^2 h) \cotg^2 h + (m_1^2 + m_3^2) \operatorname{tg}^2 \varphi + m_1^2 + m_2^2.$$

$$= m_7^2 (\operatorname{tg}^2 \varphi - \operatorname{tg}^2 h) \left\{ \frac{-m_1^2 - m_3^2 + m_4^2 + m_5^2}{m_7^2} + \cos^2 \varphi \cotg^2 \varphi (\operatorname{tg}^2 \varphi - \operatorname{tg}^2 h) \right\} +$$

$$+ m_6^2 \text{ enz. ....}$$

$$\text{Stel } \frac{-m_1^2 - m_3^2 + m_4^2 + m_5^2}{m_7^2} = v_1.$$



Dan wordt:

$$m^2_{T_w} = m^2_7 (tg^2 \varphi - tg^2 h) \{ v_1 + \cos^2 \varphi \cot g^2 \varphi (tg^2 \varphi - tg^2 h) \} + m^2_8 \text{ enz. } \dots \\ = [m^2_7 (tg^2 \varphi - tg^2 h) + m^2_7 \cos^2 \varphi \cot g^2 \varphi (tg^2 \varphi - tg^2 h)^2] + m^2_8 \text{ enz. } \dots$$

Stelt men de vorm tussen  $[\ ] = F_1$ , dan wordt de vorm  $m^2_{T_w}$  minimaal, als  $F_1$  minimaal wordt.

$$\frac{dF_1}{d(tg^2 \varphi - tg^2 h)} = m^2_7 v_1 + 2m^2_7 \cos^2 \varphi \cot g^2 \varphi (tg^2 \varphi - tg^2 h) = 0 \\ = v_1 + 2 \cos^2 \varphi \cot g^2 \varphi (tg^2 \varphi - tg^2 h) = 0.$$

Hieruit is  $tg^2 h$  op te lossen:

$$tg^2 \varphi - tg^2 h = -\frac{1}{2} v_1 \sec^2 \varphi \cot g^2 \varphi \\ tg^2 h = tg^2 \varphi + \frac{1}{2} v_1 \sec^2 \varphi \cot g^2 \varphi.$$

Voor deze waarde van  $h$  treedt dus een minimum op. I. v. m. de onzekerheid in de refractie is men bovendien gebonden aan een minimum-hoogte van  $15^\circ$ . Berekent men  $v_1$  voor een theodoliet Wild T2, dan vindt men  $v_1 = -5'',69$ . Substitueert men deze waarde in de formule, dan blijkt geen enkele waarde voor  $\varphi$  gevonden te kunnen worden, zodanig dat  $h \geq 15^\circ$  en tevens  $h < \varphi$ ; of als  $h \geq 15^\circ$ , dan is  $tg^2 h \geq tg^2 15^\circ$ .

$$tg^2 h = tg^2 \varphi + \frac{1}{2} v_1 \sec^2 \varphi \cot g^2 \varphi \geq tg^2 15^\circ$$

$$\frac{1}{2} v_1 \sec^2 \varphi \cot g^2 \varphi \geq tg^2 15^\circ - tg^2 \varphi$$

$$v_1 \geq (tg^2 15^\circ - tg^2 \varphi) \cos^2 \varphi \cot g^2 \varphi, \text{ dus } |v_1| \leq (tg^2 15^\circ - tg^2 \varphi) \cos^2 \varphi \cot g^2 \varphi$$

( $v_1$  is negatief, dus de absolute waarde hiervan moet kleiner zijn dan de vorm rechts.)

De vraag is nu of aan laatstgenoemde betrekking voldaan kan worden. Men veronderstelt dat de grootste breedte, waarop geobserveerd wordt,  $60^\circ$  bedraagt. De maximum-waarde die de rechter term kan verkrijgen, is dan  $0'',49$ , zodat:  $|v_1| \leq 0,49$ , hetgeen niet het geval is voor een theodoliet Wild T2 ( $|v_1| = 5,69$ ). Men ziet hieruit dat  $F_1$  nooit een minimum kan bereiken in dit geval. Het is natuurlijk wel zaak  $F_1$  een kleinst mogelijke waarde te laten verkrijgen. Voor  $v_1 = -5,69$  blijkt  $F_1$  steeds negatief te zijn, dus de absolute waarde van  $v_1$  moet het maximum geven om aan  $F_1$  de kleinste waarde te geven, d.w.z. dat de term  $tg^2 \varphi - tg^2 h$  zo groot mogelijk moet zijn, dus  $h$  zo klein mogelijk ( $15^\circ$ ).

De term  $m^2_8$ , die eerst buiten beschouwing gelaten is, blijkt bij een hoogte  $h = 15^\circ$  en op een breedte  $\varphi = 60^\circ$  slechts een waarde van  $0'',48$  te hebben.

Uit het voorgaande kan de volgende eindconclusie getrokken worden:

- a.  $h > \varphi$ : De middelbare fout in het azimuth is minimaal wanneer  $q = 90^\circ/270^\circ$ , dus de ster in *grootste elongatie* is.

De middelbare fout is zo klein mogelijk indien  $h$  zo klein mogelijk is, dus  $h = \varphi$  en  $h \geq 15^\circ$  als  $\varphi \geq 15^\circ$ , terwijl  $h = 15^\circ$  als  $\varphi < 15^\circ$ .

- b.  $h \leq \varphi$ : De middelbare fout in het azimuth is minimaal als  $h = 15^\circ$ ; dit is blijkbaar alleen mogelijk als  $\varphi \geq 15^\circ$ . Voor plaatsen van  $15^\circ N$  tot  $15^\circ S$  heeft men dus geen andere keus dan waarnemingen in *grootste elongatie* bij een hoogte van  $15^\circ$ :

$$\varphi < 15^\circ; q = 90^\circ/270^\circ; h = 15^\circ.$$

Op een grotere breedte dan  $15^\circ$  heeft men blijkbaar nog keuze tussen de gevallen  $a$  en  $b$ . De vraag is nu welke van beide gevallen de kleinste middelbare fout oplevert. Men kan een der poolsterren in grootste elongatie waarnemen of men kan andere sterren waarnemen bij een uurhoek  $t = 90^\circ/270^\circ$ . Theoretisch is de middelbare fout, zoals aan te tonen is, bij de waarneming van een der poolsterren in grootste elongatie iets kleiner dan bij de waarneming van een ster bij  $t = 90^\circ/270^\circ$  en  $h = 15^\circ$ . Het verschil is evenwel dermate klein, dat in analogie met de azimuthbepaling uit stersuurhoekmeting aanbevolen wordt Polaris of  $\sigma$  Octantis te observeren.

#### *Azimuthbepaling uit hoogtemeting van sterren*

##### I. Geografische breedte kleiner dan $15^\circ$ (N of S):

Men observeert een sterrenpaar in grootste elongatie bij een hoogte van  $15^\circ$ .

##### II. Geografische breedte groter dan $15^\circ$ (N of S):

Men observeert op Noorderbreedte Polaris ( $\alpha$  Ursae Minoris) en op Zuiderbreedte  $\sigma$  Octantis in grootste elongatie.

Levert het observeren van genoemde poolsterren bezwaren op, dan observeert men een sterrenpaar bij een uurhoek  $t = 90^\circ/270^\circ$  en bij een hoogte  $h = 15^\circ$ . Aangezien men bij het observeren van een poolster slechts de beschikking heeft over één ster, neemt men het dubbele aantal van de series waar, die men van één ster van een paar geobserveerd zou hebben.

#### 6.4.2 Practische uitvoering van een azimuthbepaling uit stershoogtemetingen

Voor de waarnemingen is hetzelfde *instrumentarium* nodig als genoemd in par. 6.3.2, met uitzondering evenwel van de tijdmet(s), de radio-ontvanger en eventueel de chronograaf. Men stelt een zakuurwerk zo goed mogelijk op GMT om op het moment van de waarneming deze tijd bij benadering te kennen voor het opzoeken van de declinatie in de almanak. Ook hier dienen de algemene aanwijzingen voor astronomische waarnemingen uit par. 4.1.6 in acht genomen te worden. Vooral op een goede centrering van het instrument en een nauwkeurige horizontering van de 2e as dient gelet te worden.

Van te voren stelt men een *meetprogramma* op aan de hand van de in par. 6.4.1 aan het slot gestelde voorwaarden. Men drukt de grenzen van de periode, waarin men wil observeren uit in LST. Voor het meten van sterren in grootste elongatie berekent men de uurhoek ( $t$ ) uit de rechthoekige parallaxische driehoek ( $q = 90^\circ$ ) met de formule:  $\sin t = \cos h \sec \varphi$ , waarin  $h$  volgens de gestelde voorwaarde sub I  $15^\circ$  moet bedragen. De declinatie ( $\delta$ ) berekent men in dezelfde driehoek uit  $\sin \delta = \sin \varphi \operatorname{cosec} h$ . Aangezien LST —  $\alpha = t$  volgt hieruit  $\alpha$  voor de grenzen LST begin en LST eind van de periode. Met de diverse waarden van  $\alpha$  tussen de berekende grenzen en met de gevonden waarde van  $\delta$  zoekt men in de almanak de voor observatie in aanmerking komende sterren op, rekening houdende met een magnitude  $< 3.5$ . Hetzelfde verricht men voor  $q = 270^\circ$ . Daarna zoekt men een sterrenpaar uit (met twee reserve-paren), waarvan de sterren  $\pm 50$  minuten na elkaar elongereren.

Voor de sterren, die men bij een uurhoek  $t = 90^\circ/270^\circ$  wenst te observeren (methode sub II, indien poolsterren niet gebruikt worden), bepaalt men weer de grenzen van de waarnemingsperiode uitgedrukt in LST. De grenzen van  $\alpha$  vindt men dan uit: LST —  $\alpha = t = 6u$  of  $18u$ . In de rechthoekige parallaxische driehoek (nu  $t = 90^\circ/270^\circ$ ) lost men bij  $h = 15^\circ$  de declinatie ( $\delta$ ) op uit:  $\sin \delta = \sin 15^\circ \operatorname{cosec} \varphi$ .

Met deze  $\delta$  en de grenzen van  $\alpha$  zoekt men in de almanak een geschikt sterrenpaar (met enige reserveparen) uit; de sterren moeten een magnitude  $< 3,5$  hebben en met een tussenruimte van ongeveer 50 minuten geobserveerd worden i. v. m. de tijdsduur van de waarneming van 1 ster.

Bij moeilijk te identificeren sterren berekent men azimuth en tijd op het moment van observeren. Men oriënteert de horizontale rand dan op een bekende richting zodanig dat randaflezing  $= 0^\circ/180^\circ$  overeenkomt met de instelling op Noord of Zuid.

Vóór en na de waarnemingen neemt men temperatuur lucht en barometerstand zo nauwkeurig mogelijk op i. v. m. de refractiecorrectie op de gemeten hoogte.

Het *meetschema* voor waarnemingen met een theodoliet Wild T2 is c.f. het meetschema in par. 6.3.2. Men vangt het stersbeeld in de verticale lijn van het meetkruis op in de nabijheid van de horizontale lijn; bij een rijzende ster boven en bij een dalende ster beneden deze lijn (het beeld wordt in de kijker omgekeerd). Met de horizontale fijnbeweging houdt men het stersbeeld op de verticale lijn. Op het moment dat het beeld de horizontale lijn snijdt, laat men de stelschroef los en leest de horizontale randverdeling af. Dan laat men het niveau van de verticale alhidade inspelen en leest de verticale randverdeling af. Men noteert bij de waarneming het tijdstip in volle minuten GMT.

Een uitgewerkt voorbeeld van een azimuthbepaling uit stershoogtemeting treft men aan in „Hydrografische Becijferingen 1950” (uitgave Ministerie van Marine; niet in de handel).

#### 6.4.3 Azimuthbepaling uit zonswaarnemingen met hoogtemeting

Voor de azimuthbepaling uit zonshoogtemetingen wordt vrijwel dezelfde redenering gevolgd als in par. 6.4.1. De voornaamste moeilijkheid is hier het richtprobleem. Bij gebruik van een gekleurd oculairfilter moet men de zonsrand tegelijk met de horizontale en met de verticale lijn van het meetkruis in aanraking brengen. Deze raakpunten liggen  $\pm 22'$  uit elkaar, hetgeen in een kijker met een 28-voudige vergroting een aanzienlijke afstand is, waardoor een nauwkeurige beoordeling van de gelijktijdige aanraking in beide punten zeer moeilijk wordt. Het voorzetsprisma „Roelofs” brengt een belangrijke vereenvoudiging in het richtprobleem (par. 2.13).

Ook hier heeft de coördinaat  $\delta$  betrekking op het middelpunt van de zon; de uiteindelijke waarde van het bepaalde azimuth dient dus eveneens t. o. v. dit middelpunt te gelden. Daarom moeten op de gemeten waarden nog correcties toegepast worden:

- bij oculairfilter:  $\pm \frac{1}{2}d$  op de gemeten hoogte en  $\pm \frac{1}{2}d \sec h$  op de gemeten hoek  $\psi$ ;
- bij voorzetsprisma „Roelofs”:  $\pm 11' 30''$  op de gemeten hoogte en  $\pm 11' 30'' \sec h$  op de gemeten hoek  $\psi$ .

Op de gemeten hoogten dienen vanzelfsprekend de refractiecorrecties toegepast te worden.

De grondformule is bij deze formule eveneens:

$$\cos a = \frac{\sin \delta - \sin \varphi \sin h}{\cos \varphi \cos h}$$

De waarde  $\delta$  vindt men in de almanak;  $\delta$  verandert zo snel (per tijdsminuut soms  $\pm 1''$ ), dat de tijd van waarneming toch nog vrij nauwkeurig in GMT bekend

moet zijn, liefst op 1 minuut nauwkeurig. Men kan deze tijd vinden met behulp van het reeds besproken nomogram in Tafel XXII der „Hydrografische Tafels 1950” (uitgave Ministerie van Marine). Ook kan men de tijd berekenen uit:  $\cos t = \frac{\sin \delta - \sin \varphi \sin h}{\cos \varphi \cos h}$ , waarin  $\delta$  dan voorlopig in de almanak is opgezocht.

De *systematische* fouten beoordeelt men weer door differentiatie van de grond-formule:

$$da_h = (\operatorname{tg} \varphi - \cos a \operatorname{tg} h) \operatorname{cosec} a \, dh \text{ en}$$

$$da_\varphi = \sec \varphi \operatorname{cotg} t \, d\varphi.$$

Hieruit blijkt: de invloed van een fout in breedte is geëlimineerd wanneer  $t = 90^\circ/270^\circ$ . Als  $t = 90^\circ$  dan geldt in de parallaxische driehoek:  $\sin \delta = \sin h \operatorname{cosec} \varphi$ , dus dan moeten  $\delta$ ,  $h$  en  $\varphi$  aan deze betrekking voldoen, hetgeen bij de zon niet altijd het geval is. Deze methode is dus niet universeel, zodat het beter is een andere werkwijze te zoeken. Men observeert de zon in de ochtend en in de namiddag op gelijke hoogten, zodanig dat:  $t$  (vóór de actuele middag) =  $t$  (na de actuele middag) en middelt beide waarnemingen, waardoor de systematische fouten elkaar opheffen.

De invloed van de fout in hoogte wordt geëlimineerd, wanneer  $\cos a = \operatorname{tg} \varphi \operatorname{cotg} h$ , dus als in de parallaxische driehoek  $q = 90^\circ$ , d. i. de zon in grootste elongatie.

Voor een bepaalde plaats is de zon evenwel niet altijd in grootste elongatie te observeren, zodat ook deze methode niet universeel is. De systematische fouten worden weer opgeheven door symmetrisch t. o. v. de meridiaansdoorgang (actuele middag) te observeren, zodanig dat  $-a_1 = a_2$  en  $h_1 = h_2$ .

Voor de eliminatie van de invloed van de systematische fouten in breedte en in hoogte moet men dus vóór en na de middag observeren, zodanig dat  $h_1 = h_2$  en  $-a_1 = a_2$ .

Thans dient nog de invloed van de *toevallige fouten* nagegaan te worden. Hier kan men dezelfde theorie ontwikkelen als bij de beschouwing van de azimuthbepaling uit *sters*hoogtemetingen. De voornaamste term in de reeks van de aldaar besproken middelbare fouten is de term voor de fout in hoogte:

$$(m^2_4 + m^2_5) \sec^2 h \operatorname{cotg}^2 q.$$

De factor  $\sec h \operatorname{cotg} q$  hierin is gelijk aan  $\frac{\operatorname{tg} \varphi - \cos a \operatorname{tg} h}{\sin a} = \cos t$ ; deze vorm is minimaal indien  $t = 90^\circ$  dus in de ochtend en in de namiddag, maar dan is  $h$  meestal ook klein. De kleinste waarde van  $m^2_{T_w}$  is moeilijk analytisch te bepalen (zie par. 6.3.3); bij de grafische oplossing blijkt wederom dat er slechts een zwak minimum optreedt, zo dit minimum aanwezig is. Ook hier is van toepassing de volgende regel: Neem de zon waar onder de kleinste hoogte als met de refractie verantwoord is, dus  $h = 15^\circ$ .

*Werkwijze bij azimuthbepaling uit zonshoogtemetingen:*

Neem de zon waar voor en na de meridiaansdoorgang, zodanig dat  $-a_1 = a_2$  en  $h_1 = h_2 = 15^\circ$ .

#### 6.4.4 Practische uitvoering van een azimuthbepaling uit zonshoogtemetingen

Voor de waarnemingen is hetzelfde *instrumentarium* benodigd als genoemd in par. 6.3.4, met uitzondering van de tijdmetr. Wel dient een der mede te nemen

uurwerken op GMT te lopen, zodat bij elke waarneming in volle minuten de GMT bekend is. Voor de bepaling van de temperatuur lucht en de barometerstand neemt men een slingerthermometer en een geijkte aneroïdebarometer mede. De aanwijzingen genoemd in de 2e alinea van par. 6.3.4 gelden onverminderd bij deze waarnemingen.

Men vermeldt op het *meetprogramma* de tijdstippen in zônetijd, waarop de zon 's morgens en 's middags een hoogte van  $15^\circ$  bereikt. Deze tijden zijn met het nomogram van Tafel XXII uit de Hydrografische Tafels 1950 af te leiden. Men begint de waarnemingen 's morgens op het moment dat  $h = 15^\circ$  en de middag-waarnemingen op een tijdstip ongeveer een half uur vóórdat de zon deze hoogte bereikt heeft.

Het *meetschema* voor waarnemingen met een *theodoliet* Wild T2 is als volgt:

a. met gekleurd oculairfilter:

| Kijkerstand | Randstand   | Voorwerp                                                                                |            |
|-------------|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| RR          | $0^\circ$   | Aardse punt                                                                             | } $\psi_1$ |
| 1           |             | Zon    |            |
| 2           |             | Zon    | } $\psi_2$ |
| RR          | $0^\circ$   | Aardse punt                                                                             |            |
| RL          | $225^\circ$ | Aardse punt                                                                             | } $\psi_3$ |
| 1           |             | Zon    |            |
| 2           |             | Zon    | } $\psi_4$ |
| RL          | $225^\circ$ | Aardse punt                                                                             |            |
| RL          | $270^\circ$ | Aardse punt                                                                             | } $\psi_5$ |
| 1           |             | Zon    |            |
| 2           |             | Zon    | } $\psi_6$ |
| RL          | $270^\circ$ | Aardse punt                                                                             |            |
| RR          | $135^\circ$ | Aardse punt                                                                             | } $\psi_7$ |
| 1           |             | Zon  |            |
| 2           |             | Zon  | } $\psi_8$ |
| RR          | $135^\circ$ | Aardse punt                                                                             |            |

In het schema stelt voor:

-  rechterkant (onderkant) zon tegen verticale (horizontale) lijn meetkruis;
-  linkerkant (bovenkant) zon tegen verticale (horizontale) lijn meetkruis;
-  linkerkant (onderkant) zon tegen verticale (horizontale) lijn meetkruis;
-  rechterkant (bovenkant) zon tegen verticale (horizontale) lijn meetkruis.

Indien van een stel (  of  ) de beide waarnemingen snel achtereenvolgend verricht worden (binnen 1 'tjdminuut), mag men de tijdmeteraanwijzingen, de

horizontale en de verticale randaflezingen van beide middelen en verder het stel als één waarneming beschouwen. Hierdoor wordt de halve middellijn van de zon geëlimineerd. Men neemt hierbij aan dat in een zeer klein tijdsverloop het azimuth en de hoogte evenredig met de tijd veranderen. Door het middelen krijgt men voor de becijfering uiteindelijk 8 instellingen op de zon met 8 hierbij behorende hoogtemetingen en 8 instellingen op het aardse punt. De waarneming is geheel compleet, indien men 1 serie volgens het schema vóór en 1 serie na de middag heeft waargenomen. Als eindresultaat wordt aangenomen het gemiddelde van de gemiddelden der series vóór en na de middag.

Bij de theodoliet Wild T2 bestaat de helft van de verticale lijn van het meetkruis uit een dubbele lijn. De afstand tussen beide lijnen, welke enige boogseconden (i, zie fig. 6.7) bedraagt, dient voor elk instrument afzonderlijk van te voren nauwkeurig bepaald te worden. Men doet dit het beste door de kijker op een scherp verwijderd punt in te stellen; eerst richt men op de ene lijn van de dubbellijn, leest de horizontale randverdeling af en richt daarna op de andere lijn, waarbij de horizontale randverdeling eveneens afgelezen worden. Men herhaalt deze metingen in diverse randstanden en middelt de resultaten. Bij het richten op de zon krijgt men dan de combinaties 1a, 1b en 2a, 2b. Hieruit blijkt dan dat op de aflezing van de horizontale randverdeling bij de instellingen 1a en 2a nog een correctie  $\pm \frac{1}{2} i \sec h$  toegepast moet worden (+ of — afhankelijk van de zijde waar het aardse punt zich t. o. v. de zon bevindt).

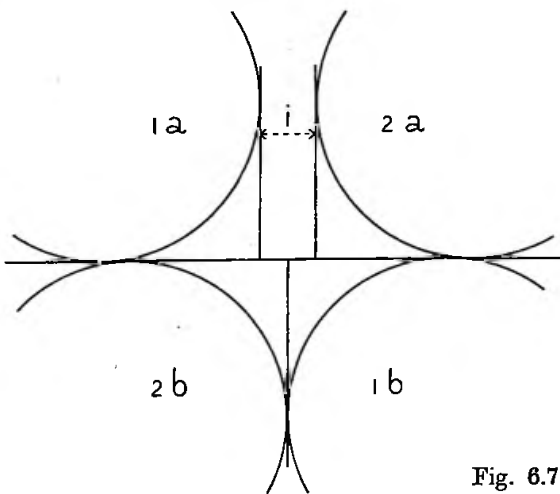


Fig. 6.7

*b. met voorzetprisma „Roelofs”:*

Conform *a*, met dien verstande dat in elke randstand (dus tussen twee instellingen op het aardse punt) slechts twee instellingen in plaats van vier op de zon plaats hebben. Door het prisma wordt nl. de middellijn van de zon reeds geëlimineerd; de verticale en de horizontale as van het zonsrozet laat men samenvallen met resp. de verticale en de horizontale lijn van het meetkruis. Wel moet bij de becijfering de prismacorrectie toegepast worden: op de hoek  $\psi$  de waarde  $\pm 11' 30'' \sec h$  en op de hoogte ( $h$ ):  $\pm 11' 30''$ .

De wijze van meten is c.f. de methode bij de azimuthbepaling uit stershoogtemetingen; men volgt het zonsbeeld met de horizontale fijnbeweging azimuthhaal, tot de aanraking met de horizontale draad van het meetmerk plaats vindt (zie voorlaatste alinea par. 6.4.2).

Voor de berekening van  $\delta$  gaat men op dezelfde wijze te werk als aangegeven in par. 6.3.4. Men moet dus het tijdstip van waarneming, uitgedrukt in GMT, wel

op volle minuten kennen. Hoe men deze tijd bepaalt is reeds in de aanvang van par. 6.4.3 aangegeven.

In „Hydrografische Becijferingen 1950” (uitgave Ministerie van Marine; niet in de handel) treft men een uitgewerkt voorbeeld van een azimuthbepaling uit zonshoogtemetingen aan.

### 6.5 Azimuthbepaling uit sextantmetingen

Bij de in de voorgaande paragrafen behandelde methoden van azimuthbepaling kan men de theodoliet vervangen door een sextant voor de uitvoering van de metingen. De sextantmetingen zijn over het algemeen lastiger te verrichten dan theodolietmetingen, terwijl de uitkomsten veel minder nauwkeurig zijn. Ook de berekening van een sextantmeting is omslachtiger. Men zal daarom slechts in uiterste noodzaak overgaan tot het verrichten van sextantwaarnemingen en wel in de gevallen, dat met de theodoliet niet gemeten kan worden, b.v. in drijfbakens, boombakens, op drassige grond waar opstelling van een theodoliet niet mogelijk is e.d.

Het volgende probleem doet zich bij azimuthbepaling uit zonswaarnemingen voor. Met de theodoliet meet men de standhoek tussen de verticalen door het aardse punt en door het hemellicht, men verkrijgt dus rechtstreeks de hoek  $\psi$ . Bij sextantmetingen meet men een *hellende* hoek tussen het aardse punt en het hemellicht. In fig. 6.8 wordt met de sextant de hoek A gemeten tussen het aardse punt P en het hemellicht S. Voor het azimuth heeft men de hoek  $\psi$  nodig. In de figuur stelt voor: PS = A; ZP =  $90^\circ - H$  (= zenithafstand van het aardse punt); ZS =  $90^\circ - h$  (= zenithafstand hemellicht); PZS =  $\psi$ . In de boldriehoek PZS geldt:

$$\cos PS = \cos ZP \cos ZS + \sin ZP \sin ZS \cos PZS \text{ of}$$

$$\cos A = \sin H \sin h + \cos H \cos h \cos \psi.$$

Substitueert men hierin  $\cos \psi = 2 \cos^2 \frac{1}{2}\psi - 1$ , dan is:

$$\cos A + \cos H \cos h - \sin H \sin h = 2 \cos H \cos h \cos^2 \frac{1}{2}\psi$$

$$\cos A + \cos (H + h) = 2 \cos H \cos h \cos^2 \frac{1}{2}\psi$$

$$2 \cos \frac{H + h + A}{2} \cos \frac{H + h - A}{2} = 2 \cos H \cos h \cos^2 \frac{1}{2}\psi.$$

Voorts stelt men:

$$H + h + A = 2\Sigma$$

$$2A = 2A$$

$$H + h - A = 2\Sigma - 2A,$$

dan is:

$$\cos \Sigma \cos (\Sigma - A) = \cos H \cos h \cos^2 \frac{1}{2}\psi$$

$$\cos \frac{1}{2}\psi = \sqrt{\frac{\cos \Sigma \cos (\Sigma - A)}{\cos H \cos h}}, \text{ waarin } \Sigma = \frac{1}{2}(H + h + A).$$

De berekening is dus in wezen in twee delen gesplitst:

- het berekenen van het azimuth van het hemellicht (a) en
- het herleiden van de gemeten hellende hoek A tot de hoek  $\psi$ .

Bij *zonswaarnemingen* met een sextant doet zich in verband met de refractie nog een complicatie voor: Tengevolge van de straalbuiging zullen alle punten van de zonsschijf hoger worden gezien dan het geval zou zijn, indien er geen dampkring om de aarde was. Deze verheffing heeft voor elk punt plaats in de verticaal van dat punt. Het bedrag der verplaatsing neemt evenredig toe met de tangens van de zenithafstand (cotangens van de hoogte). Hierdoor wordt een zonbeeld waargenomen, waarbij de verticale en de horizontale as van de schijf verkort worden; de laatste in veel mindere mate dan de eerste. De laatste verkorting kan dan ook verwaarloosd worden. Bedraagt de verandering der straalbuiging voor 1' hoogteverandering  $n''$  en is de ware halve zonsmiddellijn  $\frac{1}{2}d$ , dan zal de verticale halve middellijn door de refractie  $\frac{1}{2}dn''$  kleiner worden waargenomen. Thans dient nagegaan te worden de verkorting voor een hellende halve middellijn, die als correctie op de hellende hoek  $A$  tussen zon en aardse voorwerp toegepast moet worden. In fig. 6.9

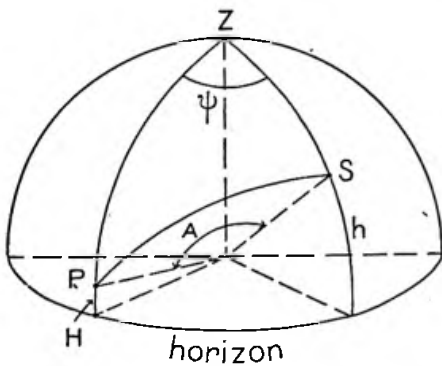


Fig. 6.8

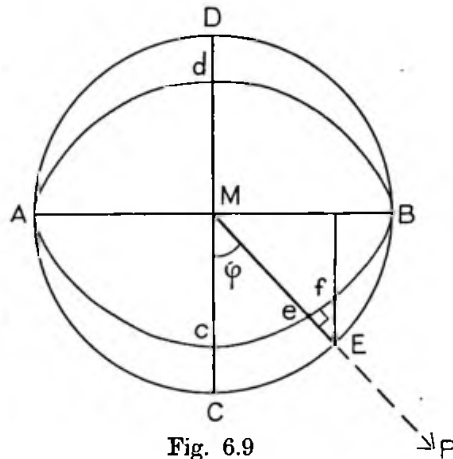


Fig. 6.9

stelt  $ADBC$  de ware zonsschijf voor en  $AdBc$  de door de refractie vervormde afbeelding hiervan. De grootcirkel  $PM$  (= hoek  $A$  in fig. 6.8) maakt een hoek  $\varphi$  met de verticaal door het middelpunt van de zon ( $M$ ). Stelt men de ware zons halve middellijn  $MC = \frac{1}{2}d$ , dan hebben  $E$  en  $M$  een verschil in ware hoogte gelijk aan  $\frac{1}{2}d \cos \varphi$ , zodat  $Ef = \frac{1}{2}d \cos \varphi \cdot n''$ .

Omdat  $AdBc$  weinig van een cirkel verschilt is de hoek  $Eef$  practisch recht, waaruit volgt:  $Ee = \frac{1}{2}d \cos^2 \varphi \cdot n''$ .

De helling van de middellijn wordt t. o. v. de verticaal door het middelpunt van de zon geschat. Hierbij zal de helling van de afstandboog  $PM$  dikwijls te klein, dus te dicht bij de verticaal worden genomen. Men is al te vaak geneigd de helling te schatten naar de helling, waaronder de sextant gehouden wordt bij de meting van de boog  $PM$ . Men houde er rekening mede, dat, hoe hoog de zon ook zou staan, bij een hoek  $PM = 90^\circ$  de hellende halve middellijn horizontaal is.

Met een waarde voor  $\frac{1}{2}d = 16'$  is in Tafel XXIII van de Hydrografische Tafels 1950 (uitgave Ministerie van Marine) een correctietabel opgenomen voor de hellende halve middellijn van de zon bij een temperatuur lucht =  $0^\circ \text{C}$  en een lucht-



druk = 1000 mb. Voor een afwijkende zons-halve-middellijn (in de Nautical Almanac op te zoeken) en voor een andere temperatuur en barometerstand, dient de in de tabel opgezochte correctie vermenigvuldigd te worden met  $\frac{H}{960} \times \frac{r'}{r}$ , waarin

$H$  = ware zons halve middellijn (in boogsec.) geldende voor het waarnemingsmoment;

$r$  = refractie bij  $t = 0^\circ$  en  $p = 1000$  mb voor de schijnbare zonshoogte;

$r'$  = refractie bij de bepaalde temperatuur en barometerstand voor de schijnbare zonshoogte.

Bij de zonsazimuthberekening wordt uitgegaan van het waarnemingspunt op aarde (dus niet van het middelpunt der aarde) voor de bepaling van de hoek  $\varphi$ . Zou men t. o. v. het middelpunt der aarde rekenen, dan zou men eerst uit de gemeten hoek  $A$  moeten afleiden de hoek  $A$  gezien vanuit het middelpunt buiten invloed van de refractie en verder de ware hoogten van de zon en aardse punten bepalen. Terwijl de laatste gegevens even snel berekend kunnen worden als de schijnbare locale hoogten, vereist het herleiden van de gemeten boog  $PM$  tot de boog  $PM$ , gezien vanuit het middelpunt der aarde, een zeer omvangrijke berekening. Daarom ontgaat men deze moeilijkheid door het middelpunt van de bol te kiezen in het waarnemingspunt op aarde. Men neemt dan voor  $H$  de waarde  $h_A$  = gemeten hoogte aardse punt, waarop toegepast de kimduikingscorrectie, en voor  $h$  de waarde  $h_z$  = schijnbare middelpuntshoogte = berekende hoogte, waarop toegepast de parallax en de refractiecorrectie. De parallax vindt men door in de Nautical Almanac op te zoeken de horizontale parallax en deze met  $\cos h$  te vermenigvuldigen. Wordt de zonshoogte gelijktijdig gemeten, dan wordt  $h_z$  bepaald uit de gemeten hoogte na toepassing van de kimduikingscorrectie en de ware zons halve middellijn. Vanzelfsprekend dienen alle sextantmetingen gecorrigeerd te worden voor doos- en indexfout.

Een serie waarnemingen bestaat uit tenminste 10 metingen, waarbij beurtelings de linker- en rechterrاند van de zon in aanraking met het aardse punt gebracht wordt.

In „Hydrografische Becijferingen 1950” (uitgave Ministerie van Marine; niet in de handel) treft men een uitgewerkt voorbeeld aan van een azimuthbepaling volgens de „uurhoek”-methode uit zonswaarnemingen met behulp van een sextant.

## 6.6 Overzicht van de verschillende methoden van azimuthbepalingen uit astronomische waarnemingen

Uit de voorgaande paragrafen blijkt dat men een grote keuze heeft in de methoden voor het nemen van astronomische peilingen. Op blz. 283 wordt een overzicht van deze methoden gegeven, waarbij aangegeven wordt onder welke omstandigheden een bepaalde methode de voorkeur boven een andere verdient. Tevens wordt voor elke methode aangegeven welke eisen aan de nauwkeurigheid gesteld dienen te worden, d.w.z. vermeld wordt de maximum middelbare fout van het gemiddelde in het eindresultaat, welke voor een observatie aanvaard kan worden.

De middelbare fouten bij de uurhoek- en bij de hoogtemethode zijn practisch gelijk. Wanneer men over een tijdmetr beschikt, waarvan de stand nauwkeurig bekend is, kiese men i. v. m. de minder moeilijke richttechniek de uurhoekmethode.

| No. | Geo-<br>grafische<br>breedte<br>( $\varphi$ ) | Methodo | Hemollicht                                                        | Instrument | Voorwaarden                                                                                                                                                                                                                                                    | Wanneer toe<br>te passen                                                                                                     | Toolaatbare m.ft.<br>in het gomid-<br>delde van het<br>eindresultaat             |
|-----|-----------------------------------------------|---------|-------------------------------------------------------------------|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| 1   | $ \varphi  < 15^\circ$                        | Uurhoek | 1 sterrenpaar                                                     | Theodoliet | $\varphi > 0^\circ : h_1 = 15^\circ$ in S-mer.; $h_1$<br>in N-mer.<br>$\varphi < 0^\circ : h_2 = 15^\circ$ in N-mer.; $h_1$<br>in S-mer.<br>$h_1 = 2 \operatorname{tg}  \varphi  + \operatorname{tg} 15^\circ$<br>$h_1 = h_2 = 15^\circ$ in grootste elongatie | Primaire triangulation                                                                                                       | $\pm 1'',5$                                                                      |
| 2   | $ \varphi  < 15^\circ$                        | Hoogte  | 1 sterrenpaar                                                     | Theodoliet |                                                                                                                                                                                                                                                                | Primaire triangulation, indien geen tijd-<br>meter beschikbaar                                                               | $\pm 1'',5$                                                                      |
| 3   | $ \varphi  < 15^\circ$                        | Uurhoek | Zon                                                               | Theodoliet | 1 ochtend- en 1 namiddagwaar-<br>neming symmetrisch t.o.v. de<br>meridiaan ( $-a_1 = a_2$ ) $h_1 = h_2 = 10^\circ$                                                                                                                                             | Secundaire triangulation; contrôle azi-<br>muth bij triangulation                                                            | $\pm 4''$ (oculair-<br>filter)<br>$\pm 3''$ (voorzet-<br>prisma „Roe-<br>lofs”)  |
| 4   | $ \varphi  < 15^\circ$                        | Hoogte  | Zon                                                               | Theodoliet | Als no. 3, doch $h_1 = h_2 = 15^\circ$                                                                                                                                                                                                                         | Als no. 3 en geen tijd-<br>meter beschikbaar                                                                                 | als no. 3                                                                        |
| 5   | $ \varphi  > 15^\circ$                        | Uurhoek | Polaris (Nbr.)<br>$\sigma$ Octantis (Sbr.)<br>of<br>1 sterrenpaar | Theodoliet | 2 series<br>of<br>$\operatorname{tg} h_1 + \operatorname{tg} h_2 = 2 \operatorname{tg}  \varphi $ ; $h_1 > 15^\circ$ ;<br>$h_2 \geq 15^\circ$ of o.f. no. 1                                                                                                    | Primaire triangulation                                                                                                       | $\pm 1'',5$                                                                      |
| 6   | $ \varphi  > 15^\circ$                        | Hoogte  | Polaris (Nbr.)<br>$\sigma$ Octantis (Sbr.)<br>of<br>1 sterrenpaar | Theodoliet | 2 series; in grootste elongatie<br>of<br>$t = 90^\circ/270^\circ$ ; $h_1 = h_2 = 15^\circ$                                                                                                                                                                     | Primaire triangulation, indien geen tijd-<br>meter beschikbaar                                                               | $\pm 1'',5$                                                                      |
| 7   | $ \varphi  > 15^\circ$                        | Uurhoek | Zon                                                               | Theodoliet | c.f. no. 3                                                                                                                                                                                                                                                     | c.f. no. 3                                                                                                                   | c.f. no. 3                                                                       |
| 8   | $ \varphi  > 15^\circ$                        | Hoogte  | Zon                                                               | Theodoliet | c.f. no. 4                                                                                                                                                                                                                                                     | c.f. no. 4                                                                                                                   | c.f. no. 3                                                                       |
| 9   | Methoden nos. 1 t/m<br>8                      |         |                                                                   | Sextant    | c.f. nos. 1 t/m 8                                                                                                                                                                                                                                              | Secundaire triangulation, indien opstel-<br>ling theodoliet niet<br>mogelijk (b.v. drijf-<br>bakens, drassige<br>grond e.d.) | Variërend van $\pm$<br>$20''$ bij vaste<br>bakens tot $\pm 1'$<br>in drijfbakens |

## 6.7 Nauwkeurigheid van de azimuthbepaling

De nauwkeurigheid van het astronomisch bepaalde azimuth hangt van velerlei factoren af: b.v. van de gebruikte waarnemingsmethode, aard van de waarnemingsplaats, atmosferische toestand, geoefendheid van de waarnemer, enz. In de voorgaande paragrafen is reeds hier en daar terloops aangegeven met welke middelbare fouten rekening gehouden dient te worden. Voor een meer uitvoerige behandeling van deze materie wordt verwezen naar het boek van Prof. R. Roelofs: „Astronomy applied to Land Surveying” (uitgave N.V. Wed. J. Ahrend & Zoon, Amsterdam).

In de tabel behorende bij par. 6.6. is tevens opgegeven welke eisen van nauwkeurigheid aan de diverse methoden van azimuthbepaling te stellen zijn. De hierin vermelde middelbare fouten zijn maximum toelaatbare bedragen, welke niet overschreden zullen worden bij observaties, verricht onder normale omstandigheden door middelmatig geoefende waarnemers. Voor een goed geoefende waarnemer is het zeer wel mogelijk bij sterwaarnemingen met behulp van een theodoliet een middelbare fout van minder dan 1" te verkrijgen. Bij zonswaarnemingen met een sextant verricht zijn verschillende resultaten verkregen met een middelbare fout, variërende van 5" tot 10".

Niet genoeg kan de nadruk gelegd worden op een zorgvuldige centrering van het instrument en een nauwkeurige horizontering van de 2e as bij gebruik van een theodoliet. Hierin schuilt toch een aanzienlijke bron van fouten, die gemakkelijk vermeden kan worden. Dikwijls wordt ook te weinig aandacht besteed aan een goede centrering van het punt waarop gemeten wordt; het meetpunt (b.v. het midden van het grondvlak van een kegelvormig baken) dient zuiver verticaal boven het punt te staan, van waaruit later de metingen voortgezet worden. Een afwijking van 1 dm kan op een afstand van 10 000 meter tussen waarnemingsplaats en meetpunt een fout van 2" geven. Aanbevolen wordt een schietlood op te hangen aan punten waarop gemeten zal worden en zo mogelijk op dit schietlood te richten en tevens de afwijking in grootte en richting ter plaatse van het meetpunt nauwkeurig te bepalen.

Verder dient men rekening te houden met een mogelijke afwijking van het schietlood bij observaties met de theodoliet, waarmede men toch t. o. v. de schietloodlijn meet (par. 4.1.1). De afwijking in het bepaalde azimuth  $T_w$  bedraagt bij een schietloodafwijking  $\theta$ :  $\Delta T_w = \theta \sin T_w \operatorname{tg} \varphi$ .

Hieruit blijkt dat op lage breedten deze afwijking in azimuth te verwaarlozen is. Op hogere breedte dient hiermede evenwel rekening gehouden te worden, b.v. op 45° breedte bij een azimuth  $T_w = 90^\circ$  is de afwijking in azimuth gelijk aan de schietloodafwijking  $\theta$ .

## 6.8 Buitenbaaksmeting

In de voorgaande paragrafen is reeds herhaalde malen gewezen op de noodzakelijkheid van een goede centrering van het waarnemingsinstrument in de observatieplaats en van het meetpunt in de plaats, waarvan de azimuthale richting t.o.v. de waarnemingsplaats nauwkeurig bepaald moet worden. Toch zal het in vele gevallen niet te vermijden zijn dat buitenbaaks gemeten moet worden, b.v. wanneer de opstellingsplaats van de theodoliet in het waarnemingspunt te wensen overlaat. Men bedenke steeds dat een goede excentrische opstelling van het waarnemingsinstrument prevaleert boven een minder goede centrische opstelling. Wanneer men excentrisch moet meten, dienen de buitenbaakgegevens zo nauwkeurig mogelijk

bepaald te worden op minstens twee van elkaar *onafhankelijke* wijzen. In par. 7.2.2 wordt de kwestie van buitenbaaksmeten uitvoerig behandeld, waarbij tevens aangegeven wordt op welke wijze de correcties voor de excentriciteit berekend worden.

Om de invloed van fouten in de bepaling van de excentriciteit zoveel mogelijk te elimineren stelt men het waarnemingsinstrument op in de lijn waarnemingspunt—meetpunt (fig. 6.10). Hierdoor ondergaat de richting naar het meetpunt geen wijziging, en aangezien het te observeren hemellicht zich op zeer grote afstand bevindt, blijft deze richting ook ongewijzigd. In

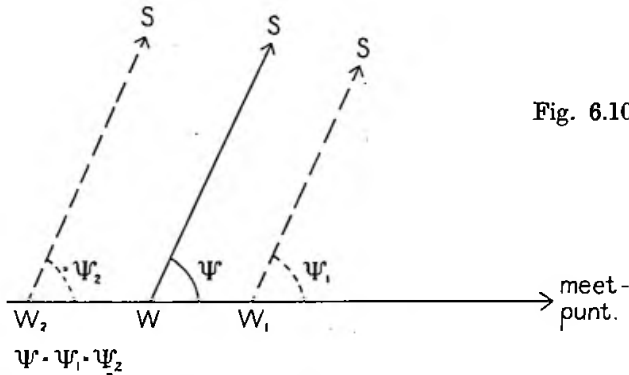


Fig. 6.10

feite behoeft men in het geheel geen buitenbaakscorrectie toe te passen, indien het instrument precies in de lijn observatiepunt—meetpunt opgesteld wordt. Aangezien dit laatste niet altijd te verwezenlijken is, doet men er toch goed aan steeds de excentriciteitsgegevens te bepalen. Naderhand blijkt dan wel of men de buitenbaakscorrectie kan negeren.

### 6.9 Meridiaansconvergentie

In een bepaald punt is het azimuth  $T_w$  van een lijn (grootcirkel) gelijk aan de hoek tussen de plaatselijke meridiaan en die grootcirkel; het azimuth wordt steeds

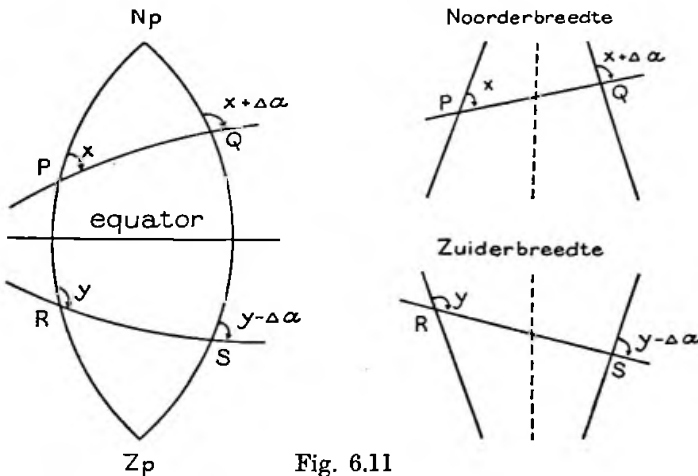


Fig. 6.11

vanaf het Noorden geteld, gaande door Oost, van  $0^\circ$  tot  $360^\circ$ . Het azimuth in P van de grootcirkel PQ is in fig. 6.11 aangegeven door de hoek  $x$ .

Laatstgenoemde grootcirkel snijdt de opeenvolgende meridianen niet onder een gelijkblijvende hoek; deze meridianen snijden elkaar immers in  $N_p$  en  $Z_p$  en convergeren dus naar de polen. De verandering in azimuth voor 2 opeenvolgende punten van een grootcirkel noemt men de meridiaansconvergentie  $\Delta\alpha$ .

Beschouwt men het azimuth van de grootcirkel in een punt dat Oostelijker gelegen is dan het punt van uitgang, dan blijkt uit de figuur dat het azimuth op Noorderbreedte groter wordt en op Zuiderbreedte kleiner. Zo is in Q het azimuth gezien in de verlengde richting PQ gelijk aan  $x + \Delta\alpha$  en gezien in de richting QP gelijk aan  $x + \Delta\alpha + 180^\circ$ .

Voor de berekening van het lengte- en breedteverschil van P naar Q gebruikt men het gemiddelde azimuth  $T_m$  in de punten P en Q, zijnde  $\frac{x + x + \Delta\alpha}{2} = x + \frac{1}{2}\Delta\alpha$ .

Gaat men uit van Q als bekend punt, dan is  $T_m$  uiteraard gelijk aan  $x + \frac{1}{2}\Delta\alpha + 180^\circ$ .

Het teken waarmee men  $\Delta\alpha$  of  $\frac{1}{2}\Delta\alpha$  op een gegeven  $T_w$  of  $T_m$  moet toepassen zal men bij voorkeur vaststellen m.b.v. een schetsje, zoals in de rechterhelft van fig. 6.11 gegeven is. Zonder gebruik te maken van een dergelijke schets kan ook de volgende regel toegepast worden:

| breedte | $\Delta\alpha$ of $\frac{1}{2}\Delta\alpha$ optellen +<br>of aftrekken — |             |
|---------|--------------------------------------------------------------------------|-------------|
|         | Oostelijker                                                              | Westelijker |
|         | Op de grootcirkel of<br>driehoekszijde                                   |             |
| Noord   | +                                                                        | —           |
| Zuid    | —                                                                        | +           |

De meridiaansconvergentie kan berekend worden met de formule:

$$\operatorname{tg} \frac{1}{2}\Delta\alpha = \operatorname{tg} \frac{1}{2}(\lambda_P - \lambda_Q) \sin \left( \frac{\varphi_P + \varphi_Q}{2} \right) \sec \frac{1}{2}(\varphi_P - \varphi_Q),$$

of in verband met de kleine hoekwaarden:

$$\Delta\alpha'' = \Delta\lambda'' \sin \varphi_m \sec \frac{1}{2}\Delta\varphi, \text{ waarin } \varphi_m = \frac{\varphi_P + \varphi_Q}{2} \text{ en } \Delta\varphi = \varphi_P - \varphi_Q$$

Voor kleine breedteverschillen kan men  $\sec \frac{1}{2}\Delta\varphi = 1$  stellen, zodat de formule in dit geval luidt:

$$\Delta\alpha'' = \Delta\lambda'' \sin \varphi_m.$$

Tafels VIII en XIII van de „Hydrografische Tafels 1950” berusten op deze laatste formule en geven  $\Delta\alpha$  in boogseconden voor een lengteverschil van  $60'' = 1$  lengteminuut.

## 6.10 Variatiebepaling

Teneinde de gegevens betreffende de variatie en de jaarlijkse verandering aan te vullen of te verbeteren zal de opnemer regelmatig aan de wal en zo mogelijk ook in zee variatiemetingen verrichten.

Aan de wal kan de variatiebepaling geschieden met een boussole in een punt, waarin men het ware azimuth naar een ander punt nauwkeurig kent. Men richt de boussolekijker op het bekende punt en leest de randverdeling af t.o.v. beide uiteinden van de magnetische naald. Beide aflezingen worden gemiddeld, waardoor de excentriciteitsfout geëlimineerd wordt. De magneetnaald geeft de richting van de magnetische meridiaan aan, zodat men met toepassing van de gemiddelde gemeten hoek de magnetische richting van het punt kan afleiden. Het verschil met het ware azimuth, dat uit de triangulatie of uit een astronomische peiling bekend is, geeft dan de variatie.

Deze variatiebepalingen dienen met tussenruimten van enige jaren regelmatig plaats te hebben, teneinde de jaarlijkse en seculaire verandering in de variatie te leren kennen of te verifiëren.

Een zeer geschikt instrument voor het verrichten van variatiemetingen is de boussole-theodoliet Wild T0, waarbij aflezing van de magnetische richting in minuten, eventueel met schatting in tienden, mogelijk is. Men voert de metingen enige keren uit in gewone en in doorgeslagen kijkerstand, waarna men alle aflezingen middelt. Ook verdient het aanbeveling ter voorkoming van vergissingen op meerdere punten, waarvan het ware azimuth bekend is, in te stellen.

Als waarnemingsplaats kiese men punten van de triangulatie, waarin de diverse azimuthale richtingen door berekening of meting reeds bekend zijn. Deze punten dienen vrij van de invloed van ijzer of andere magnetische stoffen te zijn. Men verricht de azimuthbepalingen dus nooit in de nabijheid van ijzerconstructies als steigers, olietanks en ook niet boven de gaspijpen, waarmee sommige triangulatiepunten gemerkt worden. De waarnemer dient zelf ook „ijzervrij” te zijn; messen, sleutels, e. d. dienen uit de zakken verwijderd te worden. Het bleek zelfs dat de stalen veer in een uniformpet invloed op de aflezing had! Voor de opstelling van het instrument gebruike men het daartoe bestemde a-magnetische statief; niet alle theodolietstatieven bleken a-magnetisch te zijn.

In zee zal de variatiebepaling met de aan boord verstrekte hulpmiddelen meestal alleen grof kunnen geschieden, tenzij men op een droogvalling een boussole kan opstellen. In de meeste gevallen zal men het magnetische scheepskompas moeten gebruiken, waarvan de kompascoëfficiënten nauwkeurig bekend en recent bepaald moeten zijn. Men peilt bij 8 of 16 verschillende koersen over dit kompas een punt, waarvan het ware azimuth b.v. door een astronomische peiling met sextant bekend is. Ook kan men zeer goed gebruik maken van een bestaande geleide- of lichtenlijn, waarvan de ware azimuthale richting voldoende nauwkeurig bekend is. Buiten zicht van de wal kan men rechtstreeks de laagstaande zon of een laagstaande ster peilen, waarbij men de tijden van observatie noteert. Wanneer lengte en breedte voldoende nauwkeurig bekend zijn (ongeveer op 1') kan men dan het ware azimuth van het gepeilde hemellicht berekenen. Wanneer de 8 of 16 peilingen verricht zijn bij koersen, die regelmatig over de roos verdeeld zijn en wanneer de A-coëfficiënt van het kompas gelijk aan 0 is, geeft het verschil tussen het ware azimuth en het gemiddelde van de kompaspeilingen het bedrag van de variatie. Heeft de A-coëfficiënt een bepaalde waarde, dan moet dit bedrag bij het gemiddelde van de kompaspeilingen geteld worden.

*Literatuur* : Astronomy applied to Land Surveying, Prof. R. ROELOFS, uitg. N.V. Wed. J. Ahrend & Zoon, Amsterdam.

Admiralty Manual of Hydrographic Surveying, uitg. Hydrographic Department, Admiralty, London.

## VII. TRIANGULATIE

## 7.1 Algemeen plan triangulatie

De triangulatie heeft ten doel, van een aantal in het terrein aangegeven punten coördinaten te bepalen met een voor het kaarteringswerk voldoende nauwkeurigheid. Het woord triangulatie, dat driehoeksmeting betekent, bewijst reeds, dat deze terreinpunten gemeenlijk worden gevonden door hen te beschouwen als de hoekpunten van driehoeken.

Een triangulatie, die zich over een gebied van enige omvang uitstrekt, wordt als goed aangemerkt, indien haar driehoekspunten een gelijkmatige nauwkeurigheid hebben. Het is duidelijk, dat een dergelijke homogeniteit niet kan worden bereikt door van twee punten, welke te zamen een driehoekszijde vormen, uit te gaan en zonder enige contrôle, of zonder toe te zien op de juiste vorm van de driehoeken, tot het einde toe door te trianguleren. Ten gevolge van onvermijdelijke en onvoorspelbare fluctuaties in de hoekmetingen zal in dat geval de nauwkeurigheid steeds meer afnemen, naarmate men zich verder van het uitgangspunt verwijderd.

Onder nauwkeurigheid moet hier worden verstaan de „inwendige nauwkeurigheid”, welke aangeeft de nauwkeurigheid waarmede een driehoekspunt bekend is ten opzichte van de omliggende driehoekspunten van dezelfde triangulatie, een „relatieve” nauwkeurigheid dus. Een te geringe inwendige nauwkeurigheid zal zich openbaren bij het meten van meer dan 2 hoeken in één bepaald punt, waarvan de bogen bij de constructie niet door één punt blijken te gaan. De triangulatie „rammelt”.

De „uitwendige nauwkeurigheid” geeft aan de nauwkeurigheid waarmede punten van de ene triangulatie bekend zijn ten opzichte van punten van een andere triangulatie, en speelt dus alleen één rol bij het zoeken van de geodetische samenhang tussen grotere gebieden. Aangezien de punten van de triangulatie door geografische coördinaten worden vastgelegd, speelt de nauwkeurigheid in deze coördinaten in het laatste geval een grote rol. Bij de inwendige nauwkeurigheid is de geografische coördinaatnauwkeurigheid van ondergeschikt belang, doch voert de nauwkeurigheid in de onderlinge afstanden en richtingen van de driehoekspunten de hoofdtoon. Het is zeer wel mogelijk, dat van een goede triangulatie het beginpunt met zeer geringe nauwkeurigheid astronomisch op lengte en breedte is bepaald. Eerst vergelijking met andere triangulaties doet ons blijken, dat deze grote inwendige nauwkeurigheid gepaard gaat met een geringe uitwendige nauwkeurigheid.

Het streven bij de opzet van een triangulatie is dus naar een voldoende en voldoende gelijkmatige inwendige nauwkeurigheid. *Dit geldt voor iedere triangulatie.* In hoeverre tevens zorg moet worden besteed aan het verkrijgen van een grote uitwendige nauwkeurigheid (astronomische plaatsbepalingen), zal afhangen van het doel van de driehoeksmeting. Is er sprake van een doorgaande triangulatie welke te eniger tijd aan een andere zal moeten worden aangesloten, dan moet ook aan de uitwendige nauwkeurigheid de nodige zorg worden besteed. Betreft het een locale triangulatie welke in de bestaande zeekaart moet worden ingepast, dan speelt de uitwendige nauwkeurigheid practisch geen rol. In de hiertussen liggende gevallen zal de praktijk van de leider der opnemingen en zijn instructie hem aangeven in hoeverre de uitwendige nauwkeurigheid van zijn triangulatie van belang is. Hij verlieze hierbij mogelijke eisen, welke in de toekomst gesteld kunnen worden, niet uit het oog.

De nagestreefde inwendige nauwkeurigheid en de homogeniteit daarvan worden met een redelijke kans op succes gewaarborgd, indien een bepaalde wijze en volgorde van trianguleren wordt gekozen, die bekend staat als het „werken van het grote naar het kleine”. Hierbij wordt eerst een wijd net van punten nauwkeurig bepaald, welk net daarna dient om de voor het lodingwerk benodigde punten door middel van kleine triangulaties van geringere nauwkeurigheid daartussen op te hangen.

De punten van grote nauwkeurigheid, die gering in aantal zijn, vormen de driehoekspunten van de primaire triangulatie, welke in par. 7.1.1 nader beschouwd zal worden. De voor het lodingwerk benodigde punten worden verkregen door verdichting van het primaire puntennet en deze verdichting zal in par. 7.1.2 aan een nader onderzoek worden onderworpen.

### 7.1.1 Primaire triangulatie

Zoals reeds gezegd, bestaat de primaire of hoofdtriangulatie uit een gering aantal punten van grote nauwkeurigheid. Het geringe aantal is geen voorwaarde, doch een gevolg van het streven naar grote nauwkeurigheid. Hoe geringer het aantal driehoeken is, hoe kleiner de invloed is, welke het accumuleren van fouten in de metingen op het eindresultaat heeft. Wil men met een beperkt aantal driehoeken een bepaald terrein bedekken, dan zullen deze driehoeken groot moeten zijn. Hoe groter de driehoeken worden, hoe kleiner het aantal wordt dat ervan nodig is. De groottegrens zal worden bepaald door omstandigheden van meteorologische en topografische aard, zoals zicht en de aanwezigheid van heuvels.

Zo mogelijk zullen alle driehoekspunten van een primaire triangulatie worden gekozen op heuveltoppen. In alle punten moet met de theodoliet gemeten kunnen worden en van iedere driehoek moeten alle hoeken gemeten kunnen worden. Tevens moeten de driehoeken zo weinig mogelijk van gelijkzijdige driehoeken afwijken. De punten worden met bakens aangegeven en er moet zorg voor worden gedragen, dat, indien een baken is omgewaaid of door de bevolking is gestolen, het op precies dezelfde plaats opnieuw kan worden opgericht. Hiertoe is het nodig ieder baken van het primaire puntennet te verzekeren door het bij voorbeeld aan te meten aan kenbare rotspunten of bomen in de naaste omgeving of aan voor dat doel aangebrachte pilaartjes of ingeslagen piketpaaltjes.

Deze overwegingen voor ogen houdende, zal de opnamecommandant aan de hand van de bestaande kaart en van een vluchtige verkenning van het terrein zijn plan voor de primaire triangulatie opzetten. Hij vergete daarbij nooit, dat de omstandigheden in het terrein aanzienlijk kunnen afwijken van de voorstelling die hij zich daaromtrent aan boord heeft gemaakt, zodat het slagen van de uitvoering van een plan in hoge mate afhangt van de vindingrijkheid, routine en het initiatief van de officieren die met de baakzetploegen meegaan. Het verdient derhalve aanbeveling de jonge officieren niet te snel zelfstandig dit werk te laten doen, doch hen geregeld mee te sturen met een ervaren officier.

Bij een primaire triangulatie zal tenminste een begin- en een eindbasis worden gemeten, dan wel op andere wijze worden verkregen. Geschikte terreinen hiervoor moeten dus eventueel worden gezocht. Voor het meten van contrôlebases tussen begin- en eindbasis in wordt verwezen naar par. 5.7. Alle verdere contrôlemetingen welke in het terrein mogelijk blijken, moeten worden gebruikt. Op regelmatig over het net verspreide punten zal het azimuth gecontroleerd moeten worden door astronomische peilingen.



De nagestreefde nauwkeurigheid zal bepalen hoeveel dubbelseries in iedere opstellingsplaats gemeten moeten worden. In de meeste gevallen zal met 2 dubbelseries volstaan kunnen worden. Het verdient aanbeveling het aantal richtingen in één serie niet groter dan 6 te doen zijn.

### 7.1.2 Verdichting van het puntennet

Het is duidelijk, dat het aantal punten van de primaire triangulatie volkomen onvoldoende is voor het lodingwerk. Ten behoeve van het laatste moet het puntennet worden verdicht. Dit kan op 2 manieren geschieden en wel door het meten van een secundaire- of neventriangulatie, of door het bepalen van losse punten op punten van het primaire net. Gewoonlijk zullen beide methoden door elkaar worden gebruikt.

Bij een secundaire triangulatie worden driehoekskettingen gemeten langs de kust en met twee of meer punten aangesloten aan punten van het primaire net, hetgeen wil zeggen, dat twee of meer punten van het secundaire net identiek moeten zijn met punten van het primaire net. Deze aansluiting wordt behandeld in par. 7.3.4. De driehoeken van het secundaire net zijn kleiner dan die van het primaire net en tevens zal hun vorm over het algemeen minder gunstig zijn, daar zij in hoge mate van het beloop van de kustlijn en de topografie afhankelijk zijn. Dit is nu geen groot bezwaar meer, daar zij toch worden opgehangen aan punten van het primaire net en derhalve de voortplanting van fouten steeds weer wordt onderbroken en ten gevolge van de aansluiting gedeeltelijk teniet wordt gedaan.

De secundaire driehoekspunten zullen gemeenlijk worden aangegeven door boom-bakens, daar vele punten niet op heuveltoppen geplaatst kunnen worden. Eerste vereiste is hier, dat de punten vanuit zee zo ver mogelijk zichtbaar moeten zijn. In het secundaire net zullen dus veel sextanthoeken optreden. Ten einde omgewaaide bakens opnieuw te kunnen plaatsen, moeten de bomen, waarin zij staan, gemerkt worden.

Bij het ronden van landhoeken of het loden in baaien kan het voorkomen, dat ook het door de secundaire triangulatie verdichte puntennet nog niet voldoende is voor een goede plaatsbepaling. Het puntennet kan nu plaatselijk nog verder worden verdicht door lodingbakens op snijding te bepalen, een punt door snelliusmeting vast te leggen, veelhoeken te meten en door iedere andere methode welke dit doel met weinig moeite bereikt. Een aantal mogelijkheden om het net plaatselijk verder te verdichten is gegeven in par. 7.5.

Wordt een secundaire triangulatie opgehangen aan punten van de primaire dan zal basismetings niet nodig zijn, zoals blijkt uit par. 7.3.4. Is de secundaire driehoeksketting lang, dan kan het aanbeveling verdienen ongeveer in het midden ervan het azimuth te controleren door een astronomische peiling. In de meeste, gevallen zal met meten van één dubbelserie volstaan kunnen worden voor wat de hoekmeting betreft. Het is daarbij wenselijk, niet meer dan 8 richtingen in één serie op te nemen.

Bij hoekmeting met sextant moet zeer veel aandacht worden besteed aan het bepalen van de indexcorrectie, welke op verschillende wijzen kan worden bepaald.

a. door het meten van de zonsmiddellijn binnen en buiten de randverdeling.

Men gebruike bij deze methode de lange kijker met gekleurde oogdop (geen gekleurde glazen).

Zet de alhidade ongeveer op nul. Laat beeld en zon elkaar een gelijk aantal malen raken door het met- en tegen zon draaien der haarschroef. Neem het gemiddelde der aflezingen *binnen* de randverdeling. Keer daarna de beelden om

en handel op analoge wijze. Neem het gemiddelde der aflezingen *buiten* de randverdeling. De helft van het verschil van beide gemiddelde aflezingen is in de indexcorrectie, welke positief (+) is als de grootste aflezing buiten de randverdeling (rechts van de nul op de rand) is en negatief (—) als de grootste aflezing binnen de randverdeling valt (links van de nul).

De som der aflezingen van beide gemiddelden gedeeld door 4 moet gelijk zijn aan de zons halve middellijn voor die dag in de Nautical Almanac en kan als controle dienen.

- b. door waarneming van een ster.

Zet de alhidade ongeveer op nul. Breng beeld en ster een gelijk aantal malen door het met- en tegen zon draaien der haarschroef met elkaar in dekking. De gemiddelde aflezing is de indexcorrectie; negatief (—) indien binnen de randverdeling en positief (+) indien daarbuiten.

- c. door waarneming van de vrije kim.

Handel geheel conform sub b. Deze methode dient alleen gebruikt te worden indien er geen hemellicht is.

De dooscorrectie (o.a. excentriciteitscorrectie) van de sextant dient bekend te zijn en bij voorkomende gelegenheden te worden gecontroleerd m. b. v. nauwkeurig bekende hoeken.

Een serie sextanthoeken zal bestaan uit een *even* aantal metingen, waarvan de helft is verkregen door het dubbelteruggekaatste beeld van links naar rechts op het rechtstreeks geziene te brengen en de andere helft door hetzelfde van rechts naar links te doen. Het gemiddelde van deze metingen zal dan zijn bevrijd van een eventueel aanwezige „dode gang” van de haarschroef. Het is hierbij dus essentieel, dat de haarschroef bij het in coincidentie brengen van het dubbelteruggekaatste en het rechtstreeks geziene beeld, slechts in één richting draait. Men mag dus niet, indien men op deze wijze de coincidentie voorbijstreeft, door terugdraaien van de haarschroef coincidentie tot stand brengen, maar moet de haarschroef nog verder terugdraaien en de meting opnieuw doen. Teneinde vermoeidheid van de ogen te voorkomen, verdient het aanbeveling een serie niet groter te maken dan 6 metingen. Als regel worden 5 series van 6 metingen genomen, waarbij tussen de series andere hoeken (b.v. snijdingen op landhoeken) gemeten worden, zulks om te voorkomen dat een eenmaal verkeerd afgelezen aantal graden of minuten automatisch steeds herhaald wordt.

Nadat de voor de triangulatie benodigde hoeken zijn gemeten, worden zowel in de primaire- als in de secundaire punten in één enkelserie alle punten aangemeten, welke van belang zijn voor de topografie, de navigatie of controle, zoals bergtoppen, kenbare bomen, uitspringende landhoeken, droogvallende riffen en de zichtbare, niet in de hoekmeting meegenomen, bakens. In deze enkelserie moet tenminste één ver verwijderd primair- of secundair driehoekspunt voorkomen, teneinde de gemeten richtingen op het constructieblad te kunnen oriënteren.

In de regel zal het lodingwerk gelijke tred houden met de triangulatie, hetgeen betekent, dat steeds zo ver wordt doorgetrianguleerd, dat het lodingwerk geen vertraging ondervindt. Wordt door de weersomstandigheden het lodingwerk voor langere tijd onmogelijk gemaakt (moesson), dan kan het voorkomen, dat over een aanzienlijk gebied vooruit wordt getrianguleerd. In dat geval speelt de goede verzekering van de bakens een grote rol, teneinde bij het begin van het lodingwerk geen moeilijkheden te hebben met het terugvinden van verdwenen bakens.

### 7.1.3 Wenken voor de officier belast met de leiding over een baakzetsploeg

Hieronder zijn in chronologische volgorde een aantal punten gegeven, welke van belang zijn voor de officier, welke met een baakzetsploeg aan land gaat. Slechts de hoofdzaken zijn hierin gegeven. Voor bijzondere gevallen zullen bijzondere punten de aandacht eveneens moeten hebben.

1. Controleer alle gereedgelegde materialen vóór het vertrek.
2. Zorg dat de instrumenten compleet zijn en controleer ze op eventuele ontregeling.
3. Bepaal vóór het vertrek de kompaskoers welke moet worden gestoomd naar de landingsplaats.
4. Zie er op toe, dat de roerganger deze koers direct gaat voorliggen.
5. Neem een zeekaart en zo mogelijk een topografische kaart mee van het betreffende gebied en alle gegevens van mogelijk reeds vroeger op de betrokken plaats gezette bakens.
6. Blijft de sloep vóór de kust liggen wachten, zorg dan dat droogvallen onmogelijk is.
7. Laat voldoende bemanning in de sloep achter om in geval van opkomend slecht weer er mee te kunnen varen.
8. Tracht kapwerk tot een minimum te reduceren.
9. Zet het baken zo goed mogelijk verticaal en zorg ervoor, dat een loodlijn (schiemansgaren) vanuit het midden van de onderkant van het topteken tot aan de grond reikt ten behoeve van centrisc meten (zie ook par. 3.4).
10. Meet met de theodoliet zo mogelijk altijd centrisc, maar zorg bij buitenbaaks meten ervoor, dat contróle op de standplaats van de theodoliet mogelijk is (zie ook par. 7.2.2).
11. Meet met de sextant zo dicht mogelijk onder het topteken, met de grote spiegel tegen de bamboe.
12. Richt bij het meten op andere bakens altijd op de plaats waar de bamboe onder uit het topteken komt.
13. Zorg voor een *richtinggetrouwe* schets in het meetboekje, zowel van de gemeten richtingen als van de buitenbaakse standplaats van de theodoliet.
14. Indien veel topografie gemeten moet worden, maak dan een landverkenning en duidt de heuveltoppen en kenbare punten met letters aan, welke letters in het meetboekje gebruikt moeten worden voor de benoeming dier punten.
15. Besteed de uiterste zorg aan de opleiding van de U toegevoegde officier, wat betreft het meten, schetsen en opschrijven.
16. Vermeld in het meetboekje de aangebrachte merken en omschrijf de verzekering van het baken (zie ook par. 3.5 en 7.1.1).
17. Voer niet slaafs de U gegeven opdracht uit, maar wijk daarvan af, als de omstandigheden daartoe aanleiding geven.
18. Houd daarbij de gedachtengang van de commandant bij het opstellen van het triangulatieplan voor ogen. Het afwijken van de gegeven opdracht moet door U gemotiveerd kunnen worden.
19. Meet met de theodoliet de richtingen naar de triangulatiepunten zo mogelijk snel, maar in ieder geval regelmatig (ongeveer gelijke tijdsintervallen tussen de richtingen).
20. Controleer Uzelf voortdurend.
21. Schrijf na terugkomst aan boord het hoekmeet- en bakenregister in (zie ook par. 16.2).

22. Construeer in potlood het geplaatste baken op het scheepsblad of de overzichtskaart (zie ook par. 16.13).
23. Noteer in het meetboekje alle gegevens welke van belang *kunnen* zijn en laat in dit opzicht niets aan het geheugen over.

## 7.2 De metingen en de correcties daarop

### 7.2.1 De metingen

Alle *metingen* van hoeken en afstanden geschieden op het fysisch aardoppervlak; dit vlak is van te gecompliceerde kromming om formules te kunnen opstellen voor het berekenen van de triangulatie. De *berekeningen* worden daarom uitgevoerd in het vlak van de ellipsoïde, zijnde een vlak van dubbele kromming, waarvoor hanteerbare formules kunnen worden opgesteld.

Gemeten hoeken en afstanden behoeven dus zekere correcties alvorens men ze kan gebruiken voor de uit te voeren berekeningen. Over de gegevens ter berekening van hun grootte wordt aan boord van een opnemingsvaartuig echter zelden of nimmer beschikt. Met uitzondering van de herleiding van een gemeten basis tot gemiddeld zeeniveau (d. i. het vlak van de geoïde, welk vlak in verticale zin nog ongeveer 40 meter van dat van de ellipsoïde kan afwijken), worden op de vereffende meetresultaten voor de aan boord van het opnemingsvaartuig uit te voeren berekening van de triangulatie dan ook geen correcties toegepast en worden hoeken en richtingen dus beschouwd als gemeten te zijn op de ellipsoïde en zonder meer in de berekeningen gebruikt. Dit is geoorloofd, omdat bedoelde correcties steeds klein zijn.

Voor zover daaraan later behoefte blijkt te bestaan en indien de daarvoor nodige gegevens beschikbaar zijn of later beschikbaar komen, kunnen de meetgegevens alsnog op het Bureau Hydrografie gecorrigeerd worden en de triangulatie herberekend worden met de tot het vlak van de ellipsoïde herleide gegevens. Hieraan zal slechts behoefte bestaan voor doorgaande triangulaties waaraan de hoogste eisen van nauwkeurigheid gesteld worden. In verband met de mogelijkheid van een dergelijke latere herberekening, waarbij dus kleine correcties aan de meetgegevens worden aangebracht, dienen de metingen t. b. v. een doorgaande triangulatie steeds met zo groot mogelijke nauwkeurigheid te worden verricht. De aan boord verstrekte instrumenten stellen de waarnemer in staat de gewenste nauwkeurigheid zonder extra moeite te bereiken. De metingen worden daartoe uitgevoerd volgens een bepaalde meetmethode of meetschema.

*De in dit hoofdstuk gegeven beschouwingen hebben alle betrekking op grootheden geldende in het vlak van de ellipsoïde.* De bij de Nederlandse Hydrografie gebruikte ellipsoïde is die van Bessel en de te gebruiken Hydrografische Tafels zijn op die ellipsoïde gebaseerd.

Als eerste meetmethode zal hier worden beschouwd de *reïteratiemethode van Bessel*, ook genoemd de „richtingsmeting volgens Bessel”.

Dit is de meetmethode, welke bij de opname doorgaans wordt gebruikt. Op de waar te nemen punten wordt achtereenvolgens rechts omgaande gericht. Nadat op het laatste punt gericht is, wordt dezelfde serie in teruggang gemeten, dus links omgaande. Het meest rechtse punt wordt dus 2 maal achter elkaar gemeten en teneinde onafhankelijke metingen te krijgen, wordt, nadat de eerste maal op het punt is ingesteld, de kijker van het punt afgedraaid en opnieuw ingesteld. Een dergelijke heen- en terugmeting wordt een *dubbelserie* genoemd. De enkele heen- of

## Voorbeeld invullen meetboekje

## Linker bladzijde

Station (C): Aap

Instrument: Wild T2 No. 3

Datum: 30 Augustus 1951

Waarnemer: Ltz. II J. Rap

Weersomstandigheden: Zon, hr, wind 2-3

| Rand         | Kijkerstand | Ingestelde richtingen | Aflezing       | Herleide aflezing | Herleide richting | q en [q] | $v = \frac{q}{r}$ | $\frac{[q]}{vv}$ |
|--------------|-------------|-----------------------|----------------|-------------------|-------------------|----------|-------------------|------------------|
| 0            | RL          | Noot                  | 000-00- 0-05,0 | 000-00-05,0       | 000-00-00,0       | 0,0      | + 4,6             | 21,2             |
|              |             | Mies                  | 112-00- 8-54,3 | 112-08-54,3       | 112-08-49,3       | — 3,9    | + 0,7             | 0,5              |
|              |             | Wim                   | 141-50- 1-22,1 | 141-51-22,1       | 141-51-17,1       | — 3,5    | + 1,1             | 1,2              |
|              |             | Zus                   | 147-00- 6-03,0 | 147-06-03,0       | 147-05-58,0       | — 5,0    | — 0,4             | 0,2              |
|              |             | Jet                   | 161-50- 1-30,6 | 161-51-30,6       | 161-51-25,6       | — 7,3    | — 2,7             | 7,3              |
|              |             | Teun                  | 235-50- 6-22,8 | 235-56-22,8       | 235-56-17,8       | — 7,8    | — 3,2             | 10,2             |
|              |             |                       |                |                   |                   | — 27,5   |                   |                  |
| 45           | RL          | Teun                  | 280-50- 6-25,3 | 280-56-25,3       | 235-56-33,1       | + 7,5    | + 5,8             | 33,6             |
|              |             | Jet                   | 206-50- 1-27,1 | 206-51-27,1       | 161-51-34,9       | + 2,0    | + 0,3             | 0,1              |
|              |             | Zus                   | 192-00- 5-57,2 | 192-05-57,2       | 147-06-05,0       | + 2,0    | + 0,3             | 0,1              |
|              |             | Wim                   | 186-50- 1-12,5 | 186-51-12,5       | 141-51-20,3       | — 0,3    | — 2,0             | 4,0              |
|              |             | Mies                  | 157-00- 8-44,6 | 157-08-44,6       | 112-08-52,4       | — 0,8    | — 2,5             | 6,2              |
|              |             | Noot                  | 044-50- 9-52,2 | 044-59-52,2       | 000-00-00,0       | 0,0      | — 1,7             | 2,9              |
|              |             |                       |                |                   |                   | + 10,4   |                   |                  |
| 270          | RR          | Noot                  | 270-10- 0-14,0 | 270-10-14,0       | 000-00-00,0       | 0,0      | + 0,4             | 0,2              |
|              |             | Mies                  | 022-10- 9-07,1 | 022-19-07,1       | 112-08-53,1       | — 0,1    | + 0,3             | 0,1              |
|              |             | Wim                   | 052-00- 1-33,6 | 052-01-33,6       | 141-51-19,6       | — 1,0    | — 0,6             | 0,4              |
|              |             | Zus                   | 057-10- 6-16,4 | 057-16-16,4       | 147-06-02,4       | — 0,6    | — 0,2             | 0                |
|              |             | Jet                   | 072-00- 1-46,9 | 072-01-46,9       | 161-51-32,9       | 0,0      | + 0,4             | 0,2              |
|              |             | Teun                  | 146-00- 6-38,7 | 146-06-38,7       | 235-56-24,7       | — 0,9    | — 0,5             | 0,2              |
|              |             |                       |                |                   |                   | — 2,6    |                   |                  |
| 315          | RR          | Teun                  | 191-00- 6-43,7 | 191-06-43,7       | 235-56-26,7       | + 1,1    | — 2,2             | 4,8              |
|              |             | Jet                   | 117-00- 1-55,1 | 117-01-55,1       | 161-51-38,1       | + 5,2    | + 1,9             | 3,6              |
|              |             | Zus                   | 102-10- 6-23,8 | 102-16-23,8       | 147-06-06,8       | + 3,8    | + 0,5             | 0,2              |
|              |             | Wim                   | 097-00- 1-42,2 | 097-01-42,2       | 141-51-25,2       | + 4,6    | + 1,3             | 1,7              |
|              |             | Mies                  | 067-10- 9-15,1 | 067-19-15,1       | 112-08-58,1       | + 4,9    | + 1,6             | 2,6              |
|              |             | Noot                  | 315-10- 0-17,0 | 315-10-17,0       | 000-00-00,0       | 0,0      | — 3,3             | 10,9             |
|              |             |                       |                |                   |                   | + 19,6   |                   |                  |
| Som = [vv] = |             |                       |                |                   |                   |          |                   | 112,4            |

## Onderste gedeelte rechter bladzijde

$$M = \sqrt{\frac{[vv]}{(r-1)(s-1)}} = \sqrt{\frac{112,4}{5 \cdot 3}} = \sqrt{7,49} = 2'',74$$

$$m = \frac{M}{\sqrt{s}} = 2,74 : 2 = 1'',37$$

Gemiddelde herleide richtingen ( $Noot = 000-00-00,0$ )

| Mies        | Wim         | Zus         | Jet         | Toun        |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 112-08-49,3 | 141-51-17,1 | 147-05-58,0 | 161-51-25,6 | 235-56-17,8 |
| 52,4        | 20,3        | 65,0        | 34,9        | 33,1        |
| 53,1        | 19,6        | 62,4        | 32,9        | 24,7        |
| 58,1        | 25,2        | 66,8        | 38,1        | 26,7        |
| 112-08-53,2 | 141-51-20,6 | 147-06-03,0 | 161-51-32,9 | 235-56-25,6 |

de enkele terugmeting heet een *enkelserie*. Teneinde de waarnemingen gelijkelijk over de rand te verdelen, wordt na de eerste enkelserie, dus voordat in teruggang gemeten wordt, de rand veresteld over een bedrag, gelijk aan  $180^\circ$ , gedeeld door het aantal *enkelseries* dat men van plan is te meten. Wordt één dubbelserie gemeten, dan wordt de rand na de eerste enkelserie dus  $90^\circ$  veresteld. Tevens wordt in dat geval de kijker doorgeslagen na de eerste enkelserie. Worden 2 dubbelseries gemeten, dan wordt na de eerste enkelserie alleen de rand  $45^\circ$  veresteld en de serie in teruggang gemeten. Dan wordt de rand nogmaals  $45^\circ$  veresteld en de kijker doorgeslagen, waarna de 3e enkelserie gemeten kan worden. Aan het eind van deze enkelserie wordt de rand voor de laatste maal over  $45^\circ$  gedraaid en wordt de laatste enkelserie gemeten. Worden 3 dubbelseries gemeten, dan moet de kijker worden doorgeslagen na de 3e enkelserie, dus halverwege de 2e dubbelserie. Dit is de snelste wijze van werken en verdient derhalve de voorkeur boven andere methoden. In verband met de stand van de verticale rand van de theodoliet Wild T2 bij normale kijker wordt de normale kijkerstand vaak aangeduid met „rand links” (RL) en de doorgeslagen kijkerstand met „rand rechts” (RR).

Zijn er  $r$  richtingen gemeten in  $s$  enkelseries, dan bedraagt het aantal waarnemingen  $r \cdot s$ . Het aantal onbekenden bedraagt  $r$  voor de richtingen en  $s-1$  voor de oriënteringen. Iedere maal als de rand wordt veresteld, wordt namelijk een nieuwe, onbekende oriëntering ingevoerd. Het aantal oriënteringen bedraagt dus  $s$ , doch daar men de eerste oriëntering een willekeurige waarde mag geven, bedraagt het aantal onbekenden ten gevolge van de oriënteringen  $s-1$ . Het totale aantal onbekenden is dus  $r + s - 1$ . Het aantal overtollige waarnemingen volgt hieruit te zijn:  $r \cdot s - r - s + 1 = (r-1)(s-1)$ .

Nadat alle waarnemingen zijn gedaan, worden de richtingen op nul herleid, hetgeen wil zeggen, dat het meest linkse van de waargenomen punten een richting  $0^\circ 0' 0''$  krijgt. Hiertoe moeten alle richtingen in de betreffende enkelserie worden verminderd met het bedrag van de waargenomen richting voor het meest linkse punt. Het hiernaevens gegeven voorbeeld verduidelijkt dit. Vervolgens worden op de rechter bladzijde van het meetboekje de verschillende, op nul herleide richtingen voor een zelfde punt onder elkaar geschreven en gemiddeld. Hiermede zijn de gemiddelde

waargenomen richtingen voor de verschillende punten, gerekend vanaf het meest linkse punt, bekend. Door de op nul herleide richtingen te verminderen met de gemiddelde richtingen van de bijbehorende punten worden in het meetboekje de waarden  $q$  gevonden, welke achter de waarnemingen geplaatst worden in de daarvoor bestemde kolom. Per enkelserie worden deze  $q$ -waarden opgeteld en gedeeld door het aantal richtingen  $r$ . Het op deze wijze gevonden bedrag wordt in de betreffende enkelserie afgetrokken van de waarden  $q$ ; het zo gevonden verschil wordt  $v$  genoemd. De waarden  $v$  worden gekwadrateerd en ingevuld onder de kolom  $vv$  en aan het eind opgeteld, gevende  $[vv]$ . De middelbare fout in de enkele richtingsmeting wordt nu gevonden door  $[vv]$  te delen door het aantal overtollige waarnemingen  $(r-1)(s-1)$  en de wortel te trekken. Deze middelbare fout wordt aangegeven met  $M$ . De middelbare fout in de gemiddelde richting,  $m$ , kan hieruit worden gevonden met de vergelijking:  $m = \frac{M}{\sqrt{s}}$  (zie ook par. 7.3.2).

Voor het verkrijgen van nauwkeurige metingen is de opstellingsplaats van de theodoliet van groot belang. Bij gebruik van een driepoot moet er op worden gelet, dat de poten diep in de grond steken, dat de ondergrond voldoende stevig is en dat er zo weinig mogelijk in de nabijheid van het instrument wordt gelopen. Ook de waarnemer moet het lopen om de opstellingsplaats tot een minimum beperken.

Ondanks deze voorzorgen zal de opstellingsplaats nooit geheel in rust zijn, daar de beschijning door de zon en de daarmee verband houdende uitzetting, zowel van de driepoot als van de grond, de oorzaak zijn van een langzame draaiende beweging van de opstellingsplaats, welke beweging de „pijlerdraaiing” wordt genoemd. Bij constante beschijning door de zon heeft de pijlerdraaiing over vele uren dezelfde richting en men neemt aan, dat over een klein tijdsbestek dit verschijnsel zich recht evenredig met de tijd afspeelt.

Het is duidelijk, dat het meetschema volgens de richtingsmeting van Bessel, waarin in heen- en teruggang wordt gemeten, de invloed van deze pijlerdraaiing dus grotendeels teniet doet, mits *het tijdsverloop tussen de verschillende richtingsmetingen voortdurend constant is* (zie punt 19 van par. 7.1.3). Aangezien de veronderstelling dat pijlerdraaiing evenredig met de tijd is, de werkelijkheid des te meer benadert naarmate de voor het meten van een dubbelserie benodigde tijd korter is, moeten niet te veel richtingen in één dubbelserie worden meegenomen.

Is het aantal richtingen groter dan het toegestane maximum, dan moet de dubbelserie in tweeën worden gesplitst. Voor primaire triangulatie wordt het maximum gesteld op 6 richtingen per serie en voor secundaire triangulatie op 8 richtingen per serie.

Bij gedeeltelijke bewolking, waarbij instrument en bodem afwisselend worden beschonen en in de schaduw staan, is de pijlerdraaiing onregelmatig en wisselt van teken. Dergelijke omstandigheden moeten worden vermeden bij nauwkeurig werk. Geheel bedekte lucht is in dat geval altijd te prefereren. Bij voorkeur zal voor primair werk echter 's nachts worden gemeten, waarbij de bakens moeten worden verlicht. Dit geldt alleen voor werkelijk doorgaande triangulaties, waarbij de driehoekszijden een lengte van 30 km overschrijden.

De aandacht moet hier worden gevestigd op een omstandigheid, welke de nauwkeurigheid van de metingen ongunstig kan beïnvloeden, nl. de aanwezigheid van horizontale refractie. Hierbij worden de lichtstralen afgebogen in het horizontale

vlak. Dit kan het geval zijn bij meten in bergachtig terrein. De luchtlagen van gelijke dichtheid liggen ongeveer evenwijdig aan de grond en zullen dus een horizontale refractie component vertonen, indien de grond niet horizontaal is. Ook een richting welke vlak langs een muur loopt, welke door de zon wordt beschenen, zal hierdoor worden afgebogen. *Door geen enkel meetschema is horizontale refractie uit de meetresultaten te weren.* Men vermijde derhalve zoveel mogelijk de hierboven omschreven ongunstige omstandigheden. Ook een terrein met lichte en donkere vlekken of een door de zon beschenen terrein met wolkschaduw geeft aanleiding tot het optreden van horizontale refractie. Wederom een reden, primair werk bij geheel bewolkte lucht uit te voeren. Kan dit niet, dan dient vermeden te worden, dat gemeten wordt vlak langs berghellingen of verticale opbouwen en liefst niet over onregelmatig begroeid terrein.

Behalve de richtingsmeting volgens Bessel zijn er nog andere meetmethoden mogelijk. Eén hiervan is de hoekmeetmethode volgens Schreiber, waarbij steeds een combinatie van 2 richtingen als een hoek wordt gemeten. Deze wijze van meten heeft alleen enige voordelen, wanneer de driehoekspunten zeer ver van elkaar af liggen en met behulp van heliotropen zichtbaar gemaakt moeten worden. Aangezien zeer grote driehoeken van een primaire triangulatie bij de hydrografische opname bij voorkeur 's nachts gemeten zullen worden, waarbij de driehoekspunten met lampen zichtbaar worden gemaakt, vervalt het voordeel van de meetmethode volgens Schreiber grotendeels, zodat hier niet verder op ingegaan zal worden.

### 7.2.2 Buitenbaaks meten

Wanneer de theodoliet bij het meten van richtingen naar bakens niet centrisc is opgesteld onder het baken, van waaruit gemeten wordt, zullen alle gemeten richtingen correcties moeten krijgen, teneinde hen te herleiden tot die waarden welke zouden zijn gevonden, indien de theodoliet wel centrisc opgesteld zou zijn geweest. De correcties welke aan richtingen moeten worden aangebracht in verband met de excentrische opstelling van de theodoliet, worden de „buitenbaakscorrecties” genoemd.

In fig. 7.1 wordt aangegeven hoe deze correcties berekend kunnen worden. C is hier het centrum, of het baken, van waaruit men de richtingen naar de andere bakens

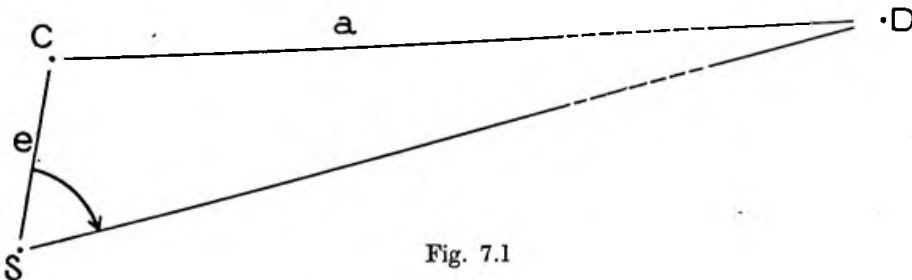


Fig. 7.1

wenst te weten. D is één van die andere bakens. De afstand tussen C en D is a genoemd. S is de standplaats van de theodoliet en de afstand SC, de excentriciteit, is aangeduid met e. De grootte van a kan worden berekend uit de coördinaten van C en D. Eventueel voor de berekening van de buitenbaakscorrecties is de plaats



van C door constructie te vinden en daaruit  $a$  met voldoende zekerheid te bepalen. De grootte van  $e$  wordt door meting in het terrein gevonden. Niet vergeten, deze metingen en de schets, welke *richtinggetrouw* dient te zijn, in het meetboekje op te tekenen. De hoek  $S$  wordt gemeten met de theodoliet en over het algemeen zal het voldoende zijn, deze hoek in minuten nauwkeurig te meten.

Uit de vlakke driehoek  $SCD$  volgt nu:  $\sin S : a = \sin D : e$ , uit welke evenredigheid direct wordt afgeleid, dat:

$$\sin D = \frac{e \cdot \sin S}{a} \quad (7.2.2a)$$

Indien  $a$  groter is dan  $30 \cdot e$  kan (7.2.2a) worden vereenvoudigd tot:

$$D = \frac{e \cdot \sin S}{a} \cdot 206264'' \cdot 8. \quad (7.2.2b)$$

Beide formules lenen zich zowel voor het gebruik van de rekenmachine als voor logaritmische berekening. Indien  $a$  kleiner is dan  $30 \cdot e$  moet in ieder geval gebruik worden gemaakt van (7.2.2a).

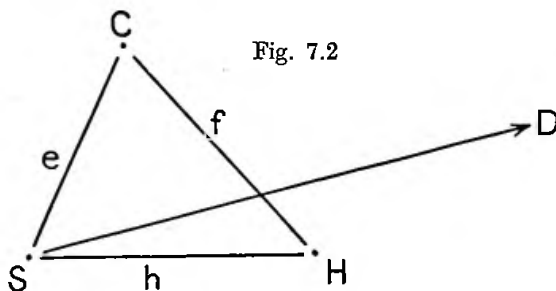
Het is duidelijk, dat de waarde van  $D$  de grootte van de correctie is, die moet worden toegepast op de uit  $S$  gemeten richting naar punt  $D$ , om de richting te vinden, die uit  $C$  naar punt  $D$  zou zijn gemeten. Hoek  $D$  is dus de gezochte buitenbaakscorrectie. Rest ons thans nog om na te gaan, met welk teken hoek  $D$  op de richting uit  $S$  moet worden toegepast, om de richting uit  $C$  te vinden.

Uit fig. 7.1 blijkt, dat, indien hoek  $S$  altijd wordt gemeten vanaf de richting  $SC$  rechtsomgaand, het teken van  $\sin S$  direct het teken geeft van  $D$ , met welk teken  $D$  toegepast moet worden op de richting  $SD$  om de richting  $CD$  te vinden. Men kan ook zeggen, dat men voor  $S$  die hoek moet nemen, die wordt gevonden, wanneer men de richting  $SC$  aftrekt van de richting  $SD$ , dus  $SD - SC$ .

Waarnemers worden erop gewezen, dat het noodzakelijk is, zowel de waarde van  $e$  als die van hoek  $S$  op ondubbelzinnige wijze vast te stellen. Dat kan niet, wanneer één waarnemer slechts één waarneming doet van deze grootheden. Zowel  $e$  als  $S$  moeten door 2 waarnemers onafhankelijk van elkaar worden bepaald en na afloop van de metingen worden vergeleken. Is er slechts één waarnemer aanwezig, dan dient deze door een locale driehoeksmeting zich ervan te overtuigen, dat geen fouten bij de excentriciteitsbepaling zijn gemaakt.

Hoe een locale driehoeksmeting wordt ingericht is aangegeven in fig. 7.2. Vanuit punt  $S$  wordt een afstand  $h$  uitgezet, welke afstand ongeveer even groot als  $e$  wordt gekozen, terwijl de hoek  $CSH$  ongeveer  $60^\circ$  is. Hierdoor wordt het hulppunt  $H$  bepaald en gemarkeerd d.m.v. een

piketpaaltje met een spijker er in.  $SH$  wordt zorgvuldig opgemeten evenals de afstand  $f$  tussen  $H$  en  $C$  en de hoeken  $CSH$  en  $CHS$  met de theodoliet gemeten.



Hiertoe moet dus S op dezelfde wijze als H worden gemarkeerd. De opgemeten waarden moeten nu voldoen aan de voorwaarde:

$$e : \sin CHS = h : \sin SCH (= f : \sin CSH). \quad (7.2.2c)$$

Worden dergelijke contrôles op de excentriciteit niet uitgevoerd, dan zullen later, indien ontoelaatbaar grote sluitfouten in driehoeken optreden, deze zeer terecht worden toegeschreven aan fouten in de bepaling van de excentriciteit en zal kostbare tijd moeten worden gespendeerd aan het gedeeltelijk overmeten van driehoeken.

### 7.2.3 Hellende hoeken

In een doorgaande hydrografische triangulatie zullen alle hoeken worden bepaald door richtingsmetingen met de theodoliet. In locale triangulaties, welke in reeds bestaande worden ingepast, zal echter het gebruik van een sextant (c.q. met pentaprisma) niet immer vermeden kunnen worden bij het meten van de triangulatiehoeken. Hoewel het gebruik van de sextant altijd tot een minimum beperkt zal moeten blijven, zal, bij gebruik ervan, de mogelijkheid moeten bestaan om de hiermede gemeten hoeken te corrigeren tot de hoek in het horizontale vlak.

In fig. 7.3 is aangegeven hoe de punten, waarop is gemeten, onderling liggen. Deze punten zijn genoemd  $P_1$  en  $P_2$  en  $a$  de scheef gemeten hoek tussen deze punten. Gevraagd wordt de grootte van hoek A.  $h_1$  en  $h_2$  zijn de gemeten hoogten van  $P_1$  en  $P_2$  boven de horizon, gecorrigeerd voor kinduiking. Er zijn 2 exacte oplossingen voor dit vraagstuk, waarvan de eerste geschikt is voor gebruik in de rekenmachine en de tweede het best voor logaritmische berekening kan worden benut.

Deze oplossingen zijn reeds in par. 6.5 gegeven en luiden:

$$\cos A = \frac{\cos a - \sin h_1 \cdot \sin h_2}{\cos h_1 \cdot \cos h_2} \quad (7.2.3a)$$

en

$$\cos \frac{1}{2}A = \sqrt{\frac{\cos s \cdot \cos (s - a)}{\cos h_1 \cdot \cos h_2}} \quad (7.2.3b)$$

$$\text{waarin } s = \frac{a + h_1 + h_2}{2}$$

Van deze vergelijkingen is (7.2.3a) voor de rekenmachine en (7.2.3b) voor logaritmische berekening geschikt. Elke gewenste nauwkeurigheid is bereikbaar, mits men voldoende decimalen gebruikt. Er zijn geen beperkingen ten aanzien van  $a$ ,  $h_1$  of  $h_2$ .

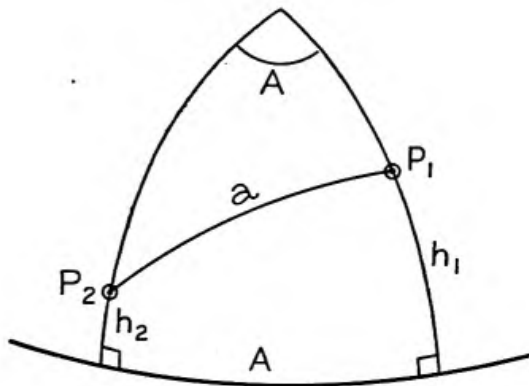


Fig. 7.3

Wenst men een rekennauwkeurigheid tot op 1'' in de gezochte grootheid A, dan zijn 7 decimalen altijd voldoende, mits A ligt tussen 20° en 160°, wat in de praktijk wel altijd het geval zal zijn.

Teneinde rekenwerk te besparen, hetgeen vooral noodzakelijk is, wanneer snelliushoeken tot de horizon herleid moeten worden, zal hier verder nog worden behandeld een benaderde bepaling van A door het berekenen van een correctie c, welke moet worden toegepast op de gemeten hoek a.

Daartoe schrijft men:

$$\cos A = \cos(a + c) = \frac{\cos a - \sin h_1 \cdot \sin h_2}{\cos h_1 \cdot \cos h_2},$$

hetgeen direct volgt uit (7.2.3a). Met behulp van de reeks van Taylor kan hier verder voor worden geschreven:

$$\begin{aligned} \cos A &= \cos a - c \cdot \sin a - \frac{c^2}{2} \cos a + \frac{c^3}{6} \sin a + \frac{c^4}{24} \cos a - \dots = \\ &= \frac{\cos a - \sin h_1 \cdot \sin h_2}{\cos h_1 \cdot \cos h_2}. \end{aligned} \quad (7.2.3c)$$

Uit (7.2.3c) moet dus c worden opgelost. Een hanteerbare formule voor c, die te verwerken is in een correctietafel van niet te grote omvang, kan hieruit slechts worden afgeleid, als alle termen, waarin c voorkomt in een hogere macht dan de eerste, verwaarloosd mogen worden. Dit houdt in, dat een benadering wordt ingevoerd van de vorm:  $\cos(a + c) = \cos a - c \cdot \sin a$ , waaruit een zekere fout voor c volgt.

Met betrekking tot de in c toelaatbare fout dienen 3 gevallen te worden onderscheiden:

- het corrigeren van triangulatiehoeken, toelaatbare fout 5'';
- het corrigeren van snijdingen op landhoeken e. d. 1';
- het corrigeren van snelliushoeken bij lodingwerk 2'.

De waarde van c wordt dus gevonden uit:

$$\cos a - c \cdot \sin a = \frac{\cos a - \sin h_1 \cdot \sin h_2}{\cos h_1 \cdot \cos h_2},$$

welke vergelijking na enige herleiding overgaat in:

$$\begin{aligned} c'' &= \frac{(\sec h_1 \cdot \sec h_2 - 1) + \operatorname{tg} h_1 \cdot \operatorname{tg} h_2}{2} \cdot 206265'' \cdot \operatorname{tg} \frac{1}{2} a - \\ &\quad - \frac{(\sec h_1 \cdot \sec h_2 - 1) - \operatorname{tg} h_1 \cdot \operatorname{tg} h_2}{2} \cdot 206265'' \cdot \operatorname{cotg} \frac{1}{2} a. \end{aligned} \quad (7.2.3d)$$

Uit deze formule kan worden berekend, dat de geïntroduceerde fout in c groter is dan 5'' als c groter is dan 24', groter is dan 1' als c groter is dan 1° 22' en groter is dan 2' als c groter is dan 1° 58', zodat de waarden van 24', 1° 22' en 1° 58' de grenzen aangeven, waartoe c mag

stijgen, zonder dat de toelaatbare fouten in de gevallen resp. a, b en c, hierboven vermeld, worden overschreden.

In de „Hydrografische Tafels 1950”, uitgegeven door het Ministerie van Marine, komt een tafel voor, berekend met (7.2.3d), waarin c niet groter wordt dan 24', zodat deze tafel geschikt is voor het opzoeken van de correcties welke op scheef gemeten triangulatiehoeken moeten worden aangebracht. In deze tafel zijn  $h_1$  en  $h_2$  niet groter dan  $2^\circ 30'$  en ligt de gemeten hoek a tussen  $20^\circ$  en  $160^\circ$ . Bij het stellen van deze grenzen aan  $h_1$  en  $h_2$  en aan de gemeten hoek a is uitgegaan van de overweging, dat ongunstiger situaties zich bij *triangulatiehoeken* uiterst zelden zullen voordoen. Komt een ongunstiger situatie wel voor, dan heeft men de beschikking over de formules (7.2.3 a en b) voor de exacte berekening van de tot de horizon herleide hoek A; berekening met de rekenmachine vergt zo weinig tijd dat zij voor het corrigeren van triangulatiehoeken de voorkeur verdient boven de correctie-tabellen.

Bij het corrigeren van snijdingen op landhoeken e. d. en van snelliushoeken bij het lodingwerk zullen ongunstiger situaties dan aangegeven door de grenzen van bovengenoemde tafel, kunnen optreden, zodat de tafel voor dit doel niet geschikt is. Het corrigeren van snelliushoeken bij lodingwerk zal slechts sporadisch voorkomen. Mocht dit noodzakelijk zijn, dan kan gebruik gemaakt worden van formule (7.2.3d) of van de benad. ringsformule op blz. 122 van de Hydrografische Tafels 1950.

*Er wordt nogmaals uitdrukkelijk op gewezen, dat de te gebruiken waarden voor  $h_1$  en  $h_2$  gecorrigeerd dienen te zijn voor de kimduiking en dat deze kimduiking met hetzelfde algebraïsche teken toegepast dient te worden, wanneer een hoogte negatief is, d.w.z. wanneer een punt beneden de horizon ligt.*

#### 7.2.4 Hooggelegen richtpunten

Indien het triangulatiepunt waarop wordt gericht aanzienlijk hoger ligt dan het punt van waaruit wordt gericht, moet op de gemeten richting een correctie worden aangebracht, welke afhankelijk is van het hoogteverschil en van de afstand tussen de beide punten. Deze correctie treedt alleen op, wanneer op de ellipsoïde wordt gerekend en is zelfs voor zeer grote hoogteverschillen niet groter dan  $0''{,}4$ .

Het optreden van de correctie is een gevolg van het feit, dat op de ellipsoïde de normaal in de opstellingsplaats niet in hetzelfde vlak ligt als de normaal op de ellipsoïde in het punt waarop wordt gemeten. Daarbij wordt, tijdens het meten, een normaalvlak door de kijker van de theodoliet gerealiseerd, dat door het punt gaat, waarop gericht is. Ligt nu dit laatste punt hoog boven de ellipsoïde, dan maken we een fout, wanneer we dit punt naar de ellipsoïde van de projecteren met behulp van het door de theodolietkijker voorgestelde normaalvlak. Dit behoort te geschieden met behulp van de normaal zoals die ter plaatse verloopt. Bij berekeningen waarin de aarde als een bol wordt aangenomen, gelden deze moeilijkheden niet, aangezien het vlak, dat door 2 willekeurige normelen op het boloppervlak gaat, dit boloppervlak altijd volgens een grootcirkel snijdt.

Uit het voorgaande blijkt wel, dat deze correctie alleen zal worden toegepast in een doorgaande triangulatie, waarin de grootste nauwkeurigheid wordt nagestreefd. Voor alle triangulaties van beperkte omvang zal de grootte van de correctie in het

niet zinken bij alle fouten die worden geaccepteerd en waarvoor niet wordt gecorrigeerd.

Voor het geval het nodig blijkt de correctie toe te passen, kan zij worden gevonden uit de onder volgende formule:

$$X = -y_o^2 \sin A_o \cos A_o \frac{H}{N_o} \quad (7.2.4a)$$

De in form. (7.2.4a) gebruikte symbolen hebben de volgende betekenis:

$$y_o^2 = e'^2 \cos^2 B_o, \quad \frac{1}{N_o} = \frac{V_o}{c}, \quad e'^2 = \frac{a^2 - b^2}{b^2}, \quad V_o = \sqrt{1 + e'^2 \cos^2 B_o}, \quad c = \frac{a^2}{b},$$

waarin B de breedte voorstelt, a en b de halve lange en de halve korte as van de ellipsoïde en de index o aangeeft, dat de verschillende waarden moeten worden gekozen voor het punt, van waaruit wordt gemeten. Verder komen in de oorspronkelijke formule (7.2.4a) nog voor:  $A_o$ , zijnde het azimuth van de normaaldoorsnede, welke het punt van waaruit wordt gemeten, verbindt met het punt waarop wordt gemeten, gerekend in het punt van waaruit wordt gemeten, terwijl H voorstelt de hoogte van het punt waarop wordt gemeten boven de ellipsoïde. Voor de in Nederland en overzeese gebiedsdelen gebruikte ellipsoïde van Bessel zijn de waarden van a en b:  $a = 6377397,15$  m en  $b = 6356078,96$  m.

Met deze gegevens en de waarden voor B, A en H is de correctie X dus te berekenen. Er zij op gewezen, dat deze correctie negatief is in het eerste kwadrant van A en in het derde kwadrant. In het tweede en vierde kwadrant is de correctie positief. Verder valt het op, dat de afstand tussen de beide punten in form. (7.2.4a) niet optreedt. Deze afstand komt pas te voorschijn in het 2e lid van de vergelijking voor X, welk 2e lid echter eenvoudigheidshalve is weggelaten, aangezien de invloed ervan op gevallen die zich in een hydrografische opname voor zullen doen, nihil is.

In bovenstaande beschouwing is verondersteld dat geen schietloodafwijking aanwezig is, m. a. w. dat de richtingen gemeten zijn op de ellipsoïde. Als gevolg van schietloodafwijkingen kunnen de op het fysisch aardoppervlak gemeten richtingen correcties behoeven, welke snel toenemen met de elevatie en welke de genoemde maximale waarde van  $0'',4$  aanmerkelijk kunnen overschrijden. Dit effect wordt hier niet nader besproken, aangezien de voor het corrigeren benodigde gegevens zelden of nooit aan boord beschikbaar zullen zijn.

### 7.2.5 Sferisch exces

Onder het sferisch exces wordt verstaan het bedrag, dat de som van drie hoeken van een op een gebogen oppervlak gelegen driehoek groter is dan  $180^\circ$ . De grootte van het sferisch exces hangt alleen af van de oppervlakte van de driehoek.

Het oppervlak van de driehoek is te berekenen uit de nog onverreende gegevens van de zijden en hoeken van de driehoek met behulp van de formule:

$$\text{Opp. in km}^2 = \frac{c^2 \cdot \sin A \cdot \sin B}{2 \cdot \sin (A + B)}, \quad (7.2.5a)$$

waarin c een driehoekszijde en A en B de 2 aanliggende hoeken voorstellen. Indien c in kilometers wordt uitgedrukt, met 2 decimalen achter de komma, wordt het

oppervlak van de driehoek voor alle voorkomende gevallen met voldoende nauwkeurigheid gevonden. Becijfering in 5 decimalen is voldoende. Met het zo gevonden oppervlak kan in de desbetreffende tabel van de „Hydrografische Tafels 1950” de grootte van het sferisch exces worden opgezocht.

Hoewel het sferisch exces geen correctie is verband houdende met waarnemingsfouten, is het toch onder dit hoofdstuk behandeld, aangezien bepaalde correcties worden aangebracht aan gemeten hoeken, nadat de grootte van het sferisch exces bekend is geworden, terwijl er eveneens een rekenmethode bestaat, waarin het sferisch exces als een fictieve correctie op hoeken wordt toegepast, teneinde de berekening mogelijk te maken, zie par. 7.3.1.5.

Voor al bij grote driehoeken zij men voorzichtig met het bepalen van de oppervlakte van de driehoek door constructie. Hierdoor kunnen al vrij gauw fouten in deze oppervlaktebepaling sluipen, welke ontoelaatbaar groot zijn. Daarbij is de oppervlakteberekening zo eenvoudig, dat het aanbeveling verdient, deze altijd met behulp van form. (7.2.5a) uit te voeren.

## 7.3 Berekening en vereffening

### 7.3.1 Berekening

#### 7.3.1.1 *Enkele wenken betreffende het cijferen*

Aangezien in het berekenen van de verschillende onderdelen van een triangulatie een aanzienlijke hoeveelheid cijferwerk gaat zitten, verdient het aanbeveling, dat alle officieren zich van het begin af aan eraan wennen, accuraat, snel, overzichtelijk en netjes te cijferen. Men mag nooit uit het oog verliezen, dat al het aan boord verrichte cijferwerk vaak jaren later nog moet dienen ter beoordeling van bereikte nauwkeurigheden, mogelijkheden van aansluiting of voortzetting van een triangulatie, eventuele herberekening, kortom men moet er naar streven zijn cijferwerk zo te verrichten, dat rekenaars die bij de opname niet aanwezig zijn geweest, er jaren later nog uit wijs kunnen worden, zonder de oorspronkelijke cijferaar om inlichtingen te vragen. Het verdient daarom aanbeveling, hier een aantal wenken voor het cijferen op te nemen, die ook voorkomen op blz. 1 en 2 van het 1e deel van „Hydrografische Becijferingen 1950”, welk boekwerk niet in de handel verkrijgbaar is.

1. Goed cijferen vereist netjes werken en concentratie van gedachten bij het werk. Dit moet gepaard gaan met begrijpen hetgeen men doet. Cijfer bij voorkeur met inkt en breng verbeteringen met rode inkt aan. Maak het verbeterde *niet* onleesbaar. Komt op een rekenformulier een verticale liniëring voor, plaats de cijfers dan op en niet tussen de verticale lijnen. Plaats onder op te tellen kolommen een doorlopende streep (——) en plaats bij aftrekkingen onder het onderste getal een onderbroken streep (----).

2. Maak altijd natuurgetrouwe situatietekeningen, waarin de onderlinge richtingen en afstandverhoudingen zo goed mogelijk weergegeven worden.

3. Mis geen enkele controle. Is  $c$  gevonden uit  $a - b$ , controleer dan of  $a = c + b$ . Wees nooit overtuigd van de onfeilbaarheid van uw cijferen.

4. Zoek altijd een logaritme op bij de dichtstbijzijnde tafelwaarde. Plaats achter elke logaritme van een negatief getal de letter „n”. Krijgt men bij sommering

van de logarithmen een oneven aantal „n”-s, dan is het bijbehorende getal weer negatief. Is het aantal „n”-s even, dan is het bijbehorende getal positief.

5. Wanneer niet over een rekenformulier wordt beschikt, zet dan eerst het rekenschema op. Komt een zelfde waarde meermalen in de becijfering voor, vul dan alle in alvorens verder te gaan. Moeten de logarithmen of natuurlijke waarden van verschillende goniometrische functies van een zelfde hoek worden opgezocht, zoek dan, ter voorkoming van tijdverlies, alle achtereenvolgens op alvorens andere bewerkingen uit te voeren.

6. Indien de logarithme gezocht moet worden van de goniometrische functie van een hoek (b.v.  $\log \sec A$ ), welke hoek juist gevonden is uit de logarithme van een andere goniometrische functie (b.v.  $\log \cotg A$ ), zoek dan, ter voorkoming van onnodige afrondingsfouten, de  $\log \sec A$  op met als argument de  $\log \cotg A$ , zonder bij deze berekening de hoek in te schakelen.

7. Bij afronden wordt 4 en kleiner steeds naar beneden afgerond en 6 en groter steeds naar boven. De 5 wordt afgerond naar het dichtstbijzijnde even getal, zodat 6,5 na afronding 6 wordt, maar 7,5 na afronding 8. Dit is een betere wijze van afronden dan de tot nu toe bij de hydrografische opname gebruikelijke, waarbij de 5 altijd naar boven werd afgerond. De laatstgenoemde manier draagt namelijk het gevaar in zich om bij een aantal opeenvolgende afrondingen een systematische verschuiving van het resultaat naar een te hoge waarde te geven. Door gebruik van de eerstgenoemde wijze van afronden wordt dit gevaar minder groot.

8. Behandel de rekenmachine met de zorg, die een dergelijk precisie-instrument toekomt. Maak het instrument na beëindiging van de becijfering „schoon”, d.w.z. alle instellingen moeten op nul worden teruggebracht. Stof is voor deze instrumenten net zo nadelig als zand voor een kogellager. De stofkap moet dus altijd worden opgezet, ook wanneer het instrument slechts een ogenblik buiten gebruik is. Is men geheel gereed met cijferen, dan wordt de rekenmachine achter slot opgeborgen, met de stofkap op. Bij vervoer van een elektrische machine zie men toe, dat geen knoppen of handles worden ingedrukt, terwijl het instrument niet aan het electrisch net is aangesloten, teneinde blokkering te voorkomen op het moment dat de stroom wordt ingeschakeld.

9. Geef aan het einde van iedere becijfering een duidelijke recapitulatie van de gevonden uitkomsten. Bij vergelijking van Uw uitkomsten met die van de rekenaar die de dubbele becijfering heeft uitgevoerd, worden de beide *recapitulaties* vergeleken en wanneer deze *geheel* met elkaar in overeenstemming zijn, worden ze beide met rood omlijnd.

### 7.3.1.2 *Triangulatie in Nederland*

Daar Nederland ten gevolge van de werkzaamheden van de Rijksdriehoeksmeting voorzien is van een zeer dicht net van triangulatiepunten, zal het zelden of nooit noodzakelijk zijn, een triangulatie op te zetten. Wel kan het voorkomen, dat ergens een punt tijdelijk benodigd is en op een of andere wijze moet worden bepaald, doch deze wijzen van verdichting van het bestaande puntennet zullen worden behandeld in hoofdstuk 7.5 en kunnen hier worden voorbijgegaan.

Blijkt het niettemin nodig te zijn, dat een triangulatie van kleine omvang wordt opgebouwd, dan zal deze over het algemeen uit kleine driehoeken bestaan, welke in het platte vlak berekend kunnen worden. Hierbij wordt op eenvoudige wijze van

de sinusregel in driehoeken gebruik gemaakt, waarna coördinaten van alle driehoekspunten gevonden kunnen worden. Meestal zal een dergelijk klein driehoeksnet worden aangesloten aan één of meer punten van de Rijksdriehoeksmeting, waartoe wordt verwezen naar par. 7.3.4.

### 7.3.1.3 *Triangulatie buiten Nederland*

In de gebieden buiten Nederland waar door de Hydrografische Dienst gewerkt zal moeten worden, zal men over het algemeen moeten rekenen op een volkomen afwezigheid van in coördinaten bekende punten in het terrein, afgezien eventueel van beginpunten, waarvan de coördinaten uit de kaart of van een vroegere triangulatie stammen.

Bij de wijze van berekening van een dergelijke triangulatie worden 2 gevallen onderscheiden, nl. de doorgaande triangulatie over grote afstanden en de lokale triangulaties van kleinere omvang, waarvan vaststaat, dat zij minstens 2, zo ver mogelijk uit elkaar liggende punten bevatten, waarop zij dadelijk dan wel in de toekomst kunnen worden aangesloten aan een doorgaande triangulatie.

In de hierna volgende paragrafen zullen de rekenmethoden worden nagegaan, welke benodigd zijn voor de becijfering van de driehoekspunten en de elementen van de driehoeken, en wel eerst voor een doorgaande triangulatie en vervolgens voor lokale triangulatie. In verband met het gestelde in par. 7.3.1.2 zal het hieronder behandelde uitsluitend betrekking hebben op de gebieden tussen 0° en 20° breedte.

De toe te passen rekenmethode moet voldoen aan de eis, dat de in de berekening ontstane accumulatie van fouten van een kleinere orde is dan die, welke hun oorzaak vinden in de afleesnauwkeurigheid van de gebruikte apparatuur. Op grond van deze overwegingen zijn de hierna volgende rekenmethoden opgezet geworden, d.w.z. dat de gekozen formulesystemen en het aantal gebruikte decimalen een redelijke kans geven, dat de foutenaccumulatie door de berekening ontstaan, inderdaad blijft binnen de grenzen, welke door het instrumentarium worden gesteld.

De leider ener opname zij er zich van bewust, dat het hieronder te geven stelsel van rekenvoorschriften mede beknot moest worden om redenen van praktische aard. Vereffening van gehele driehoeksnetten is ten gevolge van het ontbreken van tijd en van de benodigde gegevens omtrent aangrenzende triangulatiernetten aan boord niet mogelijk. De hieronder volgende cijferschema's zijn er derhalve op berekend, dat het totaal van het aan boord uitgevoerde rekenwerk aan zodanige eisen van nauwkeurigheid voldoet, dat het met het oog op de uit de constructie- en minuutbladen samen te stellen *zeekaarten* (schalen meestal 1 : 200.000 en kleiner) geen herberekening behoeft. In verband met de voortplanting van fouten over grote afstanden, stelt ook dit nog hoge eisen aan de nauwkeurigheid.

De opnameleider geve zich eveneens rekenschap van het feit, dat in verband met aansluitingsproblemen, latere voortzetting van de triangulatie en eventueel latere berekening van elektronische navigatiernetten ten behoeve van de scheepvaart, niettemin een latere vereffening en herberekening op het Bureau Hydrografie met een nauwkeuriger formulesysteem en (of) met meer decimalen noodzakelijk kan blijken te zijn. In dat geval is het zijn taak, erop toe te zien, dat het door hem ingediende werk de elementen voor een dergelijke herberekening bevat. Basis, azimuths en hoekmeting moeten in dit geval aan de hoogste eisen voldoen en over het algemeen zal in de instructie voor de opname van een gebied voor deze onderdelen een aantal



toleransen worden gegeven. Welke rol de astronomische plaatsbepaling hierin speelt is reeds vermeld in par. 7.1.

Het rekenwerk is dus gesplitst. In de hierna volgende paragrafen zal alleen nagegaan worden op welke wijze het *aan boord* uit te voeren rekenwerk moet geschieden om te voldoen aan de eis, dat ten behoeve van de uit te geven zeekaart uit dien hoofde herberekening niet meer nodig is.

#### 7.3.1.4 Algemene rekenregels

De voortplanting van de fouten in een triangulatie wordt voor het overgrote deel veroorzaakt door de hoekmeting, hetgeen tengevolge heeft, dat de *reken-nauwkeurigheid* in een triangulatie in eerste instantie dient te zijn aangepast aan de *afleesnauwkeurigheid* bij de hoekmetingen.

De aan boord verstrekte theodolieten Wild T2 hebben een afleesmogelijkheid van  $1''$  en een schattingsmogelijkheid van  $0'',1$ . De absoluut bereikbare nauwkeurigheid in richtingsmeting is natuurlijk geringer dan  $0'',1$ , doch dat doet voor het verdere betoog niet ter zake.

Een nauwkeurigheid in richting van  $1''$  geeft voor een driehoekszijde van 10 km lengte een dwarsnauwkeurigheid van ongeveer 0,05 meter en voor een driehoekszijde van 100 km een nauwkeurigheid van ongeveer 0,50 meter. Hiermede komt een coördinaatnauwkeurigheid van resp.  $0'',001$  en  $0'',01$  bij benadering overeen. Dit laatste is niet geheel juist, aangezien  $0'',001$  nabij de equator ongeveer 3 cm bedraagt. Toch is deze benaderde overeenkomst aangehouden om redenen van praktische aard. In de eerste plaats is de absolute nauwkeurigheid in de richtingen nimmer beter dan  $1''$ , doch altijd ongunstiger en in de tweede plaats zijn er ernstige bezwaren verbonden aan het berekenen van alle coördinaten der driehoekspunten tot in  $0'',001$ , aangezien hier een zeer omvangrijk formulesysteem aan ten grondslag moet liggen.

In verband met accumulatie van fouten, welke ontstaat door optellen of af-trekken van hoeken en richtingen, wordt  $0'',1$  als rekengrootheid gebruikt en worden de gemeten grootheden ook met die nauwkeurigheid afgelezen.

Op grond van deels theoretische- deels praktische overwegingen kunnen dus de volgende algemene rekenregels worden gegeven:

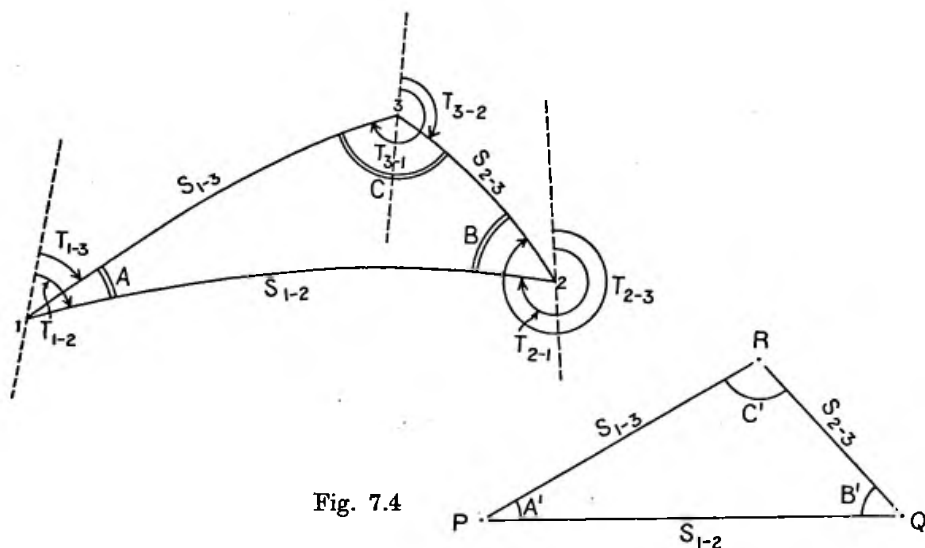
- I. Hoeken, richtingen en azimuths in  $0'',1$ .
- II. Afstanden in centimeters (basisvergroting in millimeters).
- III. Geografische coördinaten  $\varphi$  en  $\lambda$  in  $0'',01$  (basisvergroting in  $0'',001$ ).

De bovenstaande rekenregels gelden dus voor een *doorgaande triangulatie* en *niet* voor een locale triangulatie. Daarbij zijn deze rekenregels algemeen en zal nog moeten worden nagegaan met hoeveel decimalen in de verschillende gevallen ge-cijferd moet worden, teneinde de rekennauwkeurigheid aan het formulesysteem en aan de meetnauwkeurigheid aan te passen.

#### 7.3.1.5 Berekening driehoekszijde doorgaande triangulatie

Voor de betekenis van de verschillende letters wordt verwezen naar fig. 7.4. De gegevens in het vraagstuk zijn:  $s_{1-2}$ , A, B en C, terwijl gevraagd is:  $s_{1-3}$  en  $s_{2-3}$ . De hierbij toe te passen rekenmethode berust op de *regel van Legendre*, welke luidt: „Een kleine boldriehoek (= sferische driehoek) kan bij benadering als vlakke driehoek met gelijke zijden berekend worden, als men voor de hoeken van de vlakke driehoek

neemt de corresponderende hoeken van de boldriehoek, ieder verminderd met  $\frac{1}{3}$  van het sferisch exces van de boldriehoek." De daaruit te voorschijn komende vlakke driehoek PQR is aan de rechterzijde van fig. 7.4 afgebeeld en deze driehoek heeft



dus *niet* als hoekpunten de punten 1, 2 en 3 en moet dan ook niet verward worden met de vlakke driehoek welke gevormd wordt door de bolkoorden 1—2, 2—3 en 1—3.

De betekenis van driehoek PQR (en dus van de regel van Legendre) is slechts de vorming van een *rekendriehoek*, waarin de zijden van de boldriehoek of sferische driehoek berekend kunnen worden met de eenvoudige formules van de vlakke driehoeksmeting. Berekening heeft aangetoond, dat iedere boldriehoek welke bij een hydrografische triangulatie op kan treden (d.w.z. geen langere zijden dan 150 km), voor het toepassen van de regel van Legendre als een „kleine” boldriehoek beschouwd mag worden. Indien wordt gerekend op de ellipsoïde, zodat men in plaats van boldriehoeken sferoïdische driehoeken heeft, mag eveneens altijd van de regel van Legendre worden gebruik gemaakt.

Voor Decca- en Loran berekeningen, waarbij afstanden van vele honderden kilometers voorkomen, worden andere rekenmethoden gebruikt (hier wordt gewerkt met gereduceerde breedten en koorden), omdat de formulesystemen welke in deze paragrafen worden ontwikkeld, voor dergelijke grote afstanden geen voldoende nauwkeurigheid waarborgen.

Voor de bepaling van het sferisch exces wordt verwezen naar par. 7.2.5. De gemeten hoeken worden vereffend, waarvoor naar par. 7.3.2. verwezen wordt. Van elk dezer vereffende hoeken wordt nu  $\frac{1}{3}$  gedeelte van het sferisch exces afgetrokken, waardoor de hoeken A', B' en C' worden gevonden, welke ook in de rechter figuur van fig. 7.4 zijn aangegeven. Hierna kunnen de gevraagde driehoekszijden  $s_{1-3}$  en  $s_{2-3}$  worden berekend, waarbij de volgende formules zijn te gebruiken:

$$s_{1-3} = \frac{s_{1-2} \sin B'}{\sin C'} \text{ en } s_{2-3} = \frac{s_{1-2} \sin A'}{\sin C'} \quad (7.3.1.5a \text{ en } b)$$

De formules (7.3.1.5 a en b) zijn ook in logarithmische vorm te zetten, zoals onmiddellijk blijkt.

Wat het aantal decimalen betreft, waarmee gecijferd dient te worden, kan als algemene regel voor doorgaande triangulatie worden gegeven:

basisvergroting (rekenen in millimeters). . . 7 decimalen  
 driehoekszijden tot 36 km lengte . . . . 6 decimalen  
 driehoekszijden van 36 tot 100 km lengte 7 decimalen  
 driehoekszijden groter dan 100 km lengte 8 decimalen  
 driehoek met een hoek kleiner dan 30°. . 1 decimaal meer dan voorgeschreven.

Deze regel geldt voor het rekenen met logarithmische waarden. Bij machine-rekenen gebruikt men bij voorkeur steeds 8 decimalen; aangezien interpolatie op de machine kan geschieden, wordt de totale hoeveelheid rekenwerk niet vergroot door het gebruik van een eventueel overbodige decimaal.

### 7.3.1.6 *Berekening geografische coördinaten derde driehoekspunt in doorgaande triangulatie*

In de vorige paragraaf zijn de formules gegeven voor de berekening van de zijdelengten; de driehoeken van een terrestrische triangulatie zijn nl. altijd van betrekkelijk kleine afmetingen, zodat steeds met de regel van Legendre gerekend mag worden, waarbij dus geen rekening gehouden wordt met de afplatting van de ellipsoïde.

Bij de berekening van de geografische coördinaten en van het azimuth (par. 7.3.1.7) dient echter in aanmerking genomen te worden de vorm en afmetingen van de ellipsoïde, aangezien verwaarlozing daarvan fouten zou veroorzaken, welke van driehoek op driehoek zouden accumuleren en dus ontoelaatbare bedragen zouden aannemen. Voor de geografische coördinaten is dit bovendien noodzakelijk, omdat zij bij definitie een op de ellipsoïde geldend coördinatensysteem betreffen.

Voor de in deze paragraaf te gebruiken notaties wordt ook verwezen naar fig. 7.4. Nadat de driehoekszijden  $s_{1-2}$  en  $s_{2-3}$  zijn berekend volgens het schema aangegeven in par. 7.3.1.5, zijn de elementen in dit vraagstuk dus:

Gegeven:  $\varphi_1, \lambda_1, \varphi_2, \lambda_2, s_{1-2}, s_{2-3}$  en  $T_{m(1-2)}$

(uit een vorige driehoek bekend of te berekenen volgens par. 7.3.1.7).

Gevraagd:  $\varphi_3, \lambda_3, T_{1-3}, T_{3-1}, T_{2-3}$  en  $T_{3-2}$ .

Hierin betekent  $T_{1-3}$  het azimuth van de verbindingsslijn van punt 1 naar punt 3. Daar hier grootcirkels worden beschouwd wanneer op de bol wordt gerekend en normaalsneden wanneer op de ellipsoïde wordt gerekend, is het duidelijk, dat het azimuth van de verbindingsslijn van 1 naar 3 niet gelijk is aan  $180^\circ +$  het azimuth van de verbindingsslijn van punt 3 naar punt 1, in verband met het convergeren der meridianen. Over deze meridiaanconvergentie zal verderop in deze paragraaf nog meer worden gezegd.

Het formulesysteem bestaat uit de volgende *sferoïdische middelbreedte formules*:

$$\Delta\alpha'' = [2] \cdot s \cdot \sin T_m \cdot \operatorname{tg} \varphi_m \left\{ 1 + \frac{[7]}{\mu} (\Delta\lambda'', \cos \varphi_m)^2 + \frac{[8]}{\mu} (\Delta\varphi'')^2 + \frac{[3]}{\mu} (\Delta\lambda'', \sin \varphi_m)^2 - \frac{[4]}{\mu} (\Delta\varphi'')^2 \right\} \quad (7.3.1.6a)$$

$$\Delta \varphi'' = [1] \cdot s \cdot \cos T_m \left\{ 1 + \frac{[5]}{\mu} (\Delta \lambda'' \cos \varphi_m)^2 + \frac{[6]}{\mu} (\Delta \varphi'')^2 \right\} \quad (7.3.1.6b)$$

$$\Delta \lambda'' = \frac{[2] \cdot s \cdot \sin T_m}{\cos \varphi_m} \left\{ 1 + \frac{[3]}{\mu} (\Delta \lambda'' \sin \varphi_m)^2 - \frac{[4]}{\mu} (\Delta \varphi'')^2 \right\} \quad (7.3.1.6c)$$

In deze formules stelt  $\Delta \alpha''$  het bedrag in seconden voor van de meridiaanconvergentie en de vormen [1] tot en met [8] grootheden welke verband houden met vorm en afmetingen van de gebruikte rekenellipsoïde. De „Hydrografische Tafels 1950” geven deze grootheden voor de breedten tussen 0° en 20°, berekend voor de ellipsoïde van Bessel, welke in hydrografische en topografische berekeningen wordt gebruikt. De index m duidt steeds aan, dat het betrokken symbool geldt voor de middenwaarde, zoals middelbreedte, gemiddeld azimuth.  $\mu$  is de logarithmische modulus voor eenheden van de 7e decimaal van de logarithme,  $\log \mu = 6,6377843$ .

De formule (7.3.1.6a) kan voor de meeste gevallen iets eenvoudiger worden genomen. Indien  $\Delta \lambda$  en  $\Delta \varphi$  kleiner zijn dan 60', mag de convergentie worden berekend met de formule:

$$\Delta \alpha'' = [2] \cdot s \cdot \sin T_m \cdot \operatorname{tg} \varphi_m. \quad (7.3.1.6d)$$

Voor de normale hydrografische praktijk, zelfs bij gebruik van zeer grote driehoeken, mag dus gebruik worden gemaakt van (7.3.1.6d).

De formules (7.3.1.6 b, c en d) luiden in logarithmische vorm:

$$\log \Delta \alpha'' = \log [2] + \log s + \log \sin T_m + \log \operatorname{tg} \varphi_m \quad (7.3.1.6e)$$

$$\log \Delta \varphi'' = \log [1] + \log s + \log \cos T_m + [5] (\Delta \lambda'' \cos \varphi_m)^2 + [6] (\Delta \varphi'')^2 \quad (7.3.1.6f)$$

$$\log \Delta \lambda'' = \log [2] + \log s + \log \sin T_m - \log \cos \varphi_m + [3] (\Delta \lambda'' \sin \varphi_m)^2 - [4] (\Delta \varphi'')^2. \quad (7.3.1.6g)$$

De termen met de coëfficiënten [3] tot en met [6] leveren correcties op de 7e decimaal van de logarithmen.

Bij het gebruik van de formules (7.3.1.6 d en e) doet zich de moeilijkheid voor, dat de grootheden  $T_m$  en  $\varphi_m$ , welke in het rechterlid staan, nog niet bekend zijn op het moment, dat de convergentie berekend moet worden; bovendien moet [2] opgezocht worden voor de nog onbekende middelbreedte  $\varphi_m$ . In deze formules moeten dus benaderde waarden voor deze grootheden worden ingevuld. Berekening leert, dat voor het becijferen van een voldoende nauwkeurige waarde van de meridiaanconvergentie de middelbreedte bekend moet zijn met een nauwkeurigheid van 2'' en dat het benaderde gemiddeld azimuth met een nauwkeurigheid van 6'' bekend moet zijn. Een dergelijke nauwkeurigheid in de gegiste grootheden is als regel onbereikbaar door constructie van het punt 3. Teneinde onnodig werk te voorkomen, wordt daarom aangevangen met een berekening van de benaderde coördinaten  $\varphi_3$  en  $\lambda_3$ .

In deze berekening van de benaderde coördinaten moet  $T_m$  dus juist gevonden worden tot op 6'' nauwkeurig, terwijl de voorlopige coördinaten van het 3e punt tot op 4'' nauwkeurig bekend moeten worden, teneinde aan de vereiste nauwkeurigheid van de middelbreedte te kunnen voldoen.

Thans wordt aangevangen met een nauwkeurige constructie van het 3e punt, waaruit een bepaald bedrag voor de veranderde lengte wordt gevonden. Met dit bedrag en de uit de constructie volgende benaderde middelbreedte kan in de Hydrografische Tafels de grootte van de meridiaanconvergentie worden opgezocht. Met

deze voorlopige convergentie en de gemeten hoeken in boogseconden kunnen nu, door berekening met 5 decimalen, de voorlopige coördinaten van het 3e punt worden gevonden. Deze voorlopige berekening van de coördinaten van het 3e punt heeft dus tot uitsluitend doel om voldoende nauwkeurige coördinaten te verkrijgen om de meridiaanconvergentie er mede te kunnen berekenen tot op 0'',1 nauwkeurig. Hiermede wordt dan bereikt, dat latere herberekeningen niet meer nodig zijn.

Uit de gevonden voorlopige waarden voor  $\varphi_3$  en  $\lambda_3$  worden nu  $T_m$  en  $\varphi_m$  bepaald en daaruit, met behulp van form. (7.3.1.6d), de waarde van  $\Delta\alpha''$  gevonden. Vervolgens kan met behulp van form. (7.3.1.6 b en c) de waarden van  $\Delta\varphi''$  en  $\Delta\lambda''$  worden berekend. Onderzoek heeft aangetoond, dat het niet altijd noodzakelijk is, de gehele formules (7.3.1.6 b en c) te gebruiken.

Indien  $\Delta\varphi$  of  $\Delta\lambda$  of beide *groter* zijn dan 20', dan moeten de volledige formules worden gebruikt.

Indien  $\Delta\varphi$  en  $\Delta\lambda$  beide *kleiner* zijn dan 20', kan gebruik worden gemaakt van de formules:

$$\Delta\varphi'' = [1] \cdot s \cdot \cos T_m \quad (7.3.1.6h)$$

$$\Delta\lambda'' = \frac{[2] \cdot s \cdot \sin T_m}{\cos \varphi_m} \quad (7.3.1.6i)$$

Voor de uitwerking van het hier behandelde in voorbeelden wordt verwezen naar het boek „Hydrografische Becijferingen 1950'', uitgegeven door het Ministerie van Marine (niet in de handel verkrijgbaar).

#### 7.3.1.7 Berekening azimuth en afstand in doorgaande triangulatie

Dit vraagstuk is een onderdeel van het vorige vraagstuk en luidt in algemene vorm:

Gegeven:  $\varphi_1, \lambda_1, \varphi_2, \lambda_2$ .

Gevraagd:  $s_{1-2}, T_{1-2}$  en  $T_{2-1}$ .

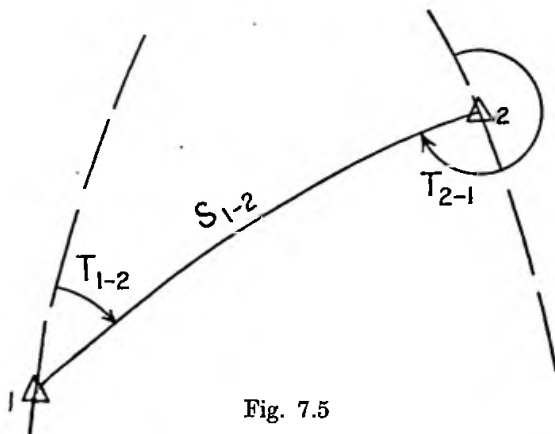


Fig. 7.5

Oplossing: In fig. 7.5 is aangegeven, hoe de beide punten liggen en hoe de azimuths worden gerekend. Voor de oplossing van dit vraagstuk worden de sferoïdi-

sche middelbreedte-formules, zoals die zijn gegeven in form. (7.3.1.6 b en c), omgekeerd en komen dan te luiden:

$$s \cdot \sin T_m = \frac{\Delta \lambda'' \cdot \cos \varphi_m}{[2]} \left\{ 1 - \frac{[3]}{\mu} (\Delta \lambda'' \cdot \sin \varphi_m)^2 + \frac{[4]}{\mu} (\Delta \varphi'')^2 \right\} \quad (7.3.1.7a)$$

$$s \cdot \cos T_m = \frac{\Delta \varphi''}{[1]} \left\{ 1 - \frac{[5]}{\mu} (\Delta \lambda'' \cdot \cos \varphi_m)^2 - \frac{[6]}{\mu} (\Delta \varphi'')^2 \right\} \quad (7.3.1.7b)$$

$$\Delta \alpha'' = \Delta \lambda'' \cdot \sin \varphi_m \left\{ 1 + \frac{[7]}{\mu} (\Delta \lambda'' \cdot \cos \varphi_m)^2 + \frac{[8]}{\mu} (\Delta \varphi'')^2 \right\} \quad (7.3.1.7c)$$

Alleen form. (7.3.1.7c) is niet omgekeerd, doch identiek met form. (7.3.1.6a). In dit probleem ligt de situatie echter anders dan in het vraagstuk, dat in par. 7.3.1.6 werd behandeld. Nu hoeft men niet met benaderde coördinaten te werken, aangezien  $\Delta \lambda$  hier een gegeven in plaats van een gezochte grootte is. We komen daardoor voor dit probleem tot de volgende rekenregels:

$\Delta \varphi$  en  $\Delta \lambda$  kleiner dan  $60'$ :

$$\Delta \alpha'' = \Delta \lambda'' \cdot \sin \varphi_m \quad (7.3.1.7d)$$

$\Delta \varphi$  en  $\Delta \lambda$  kleiner dan  $20'$ :

$$s \cdot \sin T_m = \frac{\Delta \lambda'' \cdot \cos \varphi_m}{[2]} \quad (7.3.1.7e)$$

$$s \cdot \cos T_m = \frac{\Delta \varphi''}{[1]} \quad (7.3.1.7f)$$

$$\operatorname{tg} T_m = \frac{\text{form. (7.3.1.7e)}}{\text{form. (7.3.1.7f)}} \quad (7.3.1.7g)$$

De volgorde van berekening is nu, dat de rechter leden van form. (7.3.1.7 e en f), welke alleen maar bekenden bevatten, becijferd worden, waarna  $\operatorname{tg} T_m$  gevonden is en daarmee  $\sin T_m$  en  $\cos T_m$ , zodat op 2 manieren de grootte van  $s$  berekend wordt, waardoor controle op de berekening aanwezig is. De meridiaanconvergentie kan direct uit form. (7.3.1.7d) worden gevonden, waarna de azimuths in de beide punten bekend zijn. Een uitgewerkt voorbeeld van de berekening van azimuth en afstand tussen 2 punten, waarvan de coördinaten bekend zijn, wordt gegeven in het reeds genoemde boek „Hydrografische Bepijferingen 1950”.

### 7.3.1.8 Berekening geografische coördinaten ( $\varphi$ en $\lambda$ ) van een punt uit een bekend punt, indien onderlinge afstand en gemiddeld azimuth bekend zijn (alleen locale triangulatie)

Aangezien in locale triangulaties, welke de bijzonderheid hebben, dat zij in hun eindpunten worden aangesloten aan punten van een primaire of doorgaande triangulatie, de meetnauwkeurigheid diensgevolge minder groot behoeft te zijn, kan bij de berekeningen worden volstaan met een minder uitgebreid formulesysteem. In fig. 7.6 is punt 1 het bekende punt en de afstand  $a$  en het gemiddeld azimuth  $T_m$  bekend. Op het constructieblad of op de zeekaart wordt de grootcirkel niet als een rechte afgebeeld. Bij de berekening doet zich weer de moeilijkheid voor, dat men de middelbreedte nodig heeft, doch hiervoor de nog onbekende breedte van het

2e punt moet kennen. Door constructie met het gegeven gemiddeld azimuth als rechte lijn wordt een voorlopige waarde gevonden voor de breedte van het 2e punt, welke bij nauwkeurige constructie voldoende nauwkeurig is voor het opzoeken van p en m (de lengten in meters van resp. 1'' van de parallel en van de meridiaan).

De berekening van het lengte- en breedteverschil (resp.  $\Delta\lambda$  en  $\Delta\varphi$ ) volgt uit de formules:

$$\Delta\lambda'' = \frac{a \cdot \sin T_m}{p} \quad (7.3.1.8a)$$

$$\Delta\varphi'' = \frac{a \cdot \cos T_m}{m} \quad (7.3.1.8b)$$

Nu is de lengte en breedte van het 2e punt direct te vinden uit:

$$\lambda_2 = \lambda_1 + \Delta\lambda \text{ en } \varphi_2 = \varphi_1 + \Delta\varphi.$$

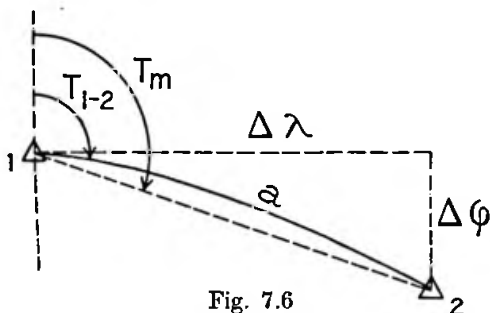


Fig. 7.6

De waarden van p en m behoren bij de gemiddelde breedte van de punten 1 en 2 en kunnen in de Hydrografische Tafels worden gevonden. Wijken  $\lambda_2$  en  $\varphi_2$  zodanig af van de door constructie voor dat punt gevonden waarde, dat dit merkbare invloed heeft op de gebruikte waarden van p en m, dan dienen zij als voorlopige waarden beschouwd te worden en dient een herberekening uitgevoerd te worden met verbeterde waarden van p en m. Voor een uitgewerkt voorbeeld wordt verwezen naar „Hydrografische Becijferingen 1950”.

#### 7.3.1.9 Berekening gemiddeld azimuth en $\frac{1}{2}$ convergentie en de afstand tussen 2 punten, waarvan de geografische coördinaten ( $\lambda$ en $\varphi$ ) gegeven zijn (alleen locale triangulatie)

Dit probleem is weer het omgekeerde van het in de vorige paragraaf behandelde. Nu zijn  $\Delta\lambda$  en  $\Delta\varphi$  bekend en daarmee direct de juiste waarde van de middelbreedte.

De tangens van het gemiddeld azimuth wordt dan gevonden door de veranderde lengte, uitgedrukt in meters, te delen door de veranderde breedte, uitgedrukt in meters, of in formule:

$$\text{tg } T_m = \frac{\Delta\lambda'' \cdot p}{\Delta\varphi'' \cdot m} \quad (7.3.1.9a)$$

In de Hydrografische Tafels wordt met het argument  $\varphi_m$  direct gevonden de waarde c, zijnde de grootte van de convergentie in boogseconden per 1' veranderde lengte, zodat de halve convergentie wordt gevonden uit:

$$\frac{1}{2} \Delta\alpha'' = \frac{1}{2} \Delta\lambda' \cdot c \quad (7.3.1.9b)$$

De berekening van de afstand tussen beide punten volgt direct uit de onderstaande formules:

$$a = \frac{\Delta\lambda'' \cdot p}{\sin T_m} = \frac{\Delta\varphi'' \cdot m}{\cos T_m} \quad (7.3.1.9c)$$

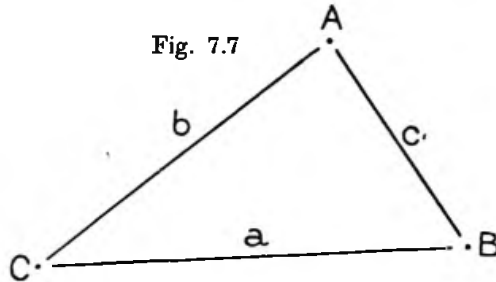
Er is dus weer een controle op de berekening, doordat de afstand a op 2 manieren berekend kan worden. Voor een uitgewerkt voorbeeld wordt weer verwezen naar „Hydrografische Becijferingen 1950”.

### 7.3.1.10 Berekening geografische coördinaten van een punt in een vaste driehoek van de locale triangulatie

In fig. 7.7 zijn bekend de punten B en C in geografische coördinaten en dus tevens  $a$  en  $T_{B-C}$ . Aangevangen wordt met de berekening van de driehoekszijden  $b$  en  $c$ . Hiervoor gelden de bekende formules uit de trigonometrie:

$$b = \frac{a \cdot \sin B}{\sin A} \text{ en } c = \frac{a \cdot \sin C}{\sin A} \quad (7.3.1.10a)$$

Noemen we verder het azimuth van een lijnstuk, gerekend uit een hoekpunt van de driehoek, het ware azimuth, aangeduid door de index  $w$ , dan volgt uit fig. 7.7:



$$T_{w(CA)} = T_{w(CB)} - C \text{ en } T_{w(BA)} = T_{w(BC)} + B.$$

Zoals in par. 6.9 is aangetoond, is het verschil tussen  $T_{w(CB)}$  en  $T_{w(BC)}$  gelijk aan  $180^\circ + \Delta\alpha$ .

Het lengte- en breedteverschil van C naar A en van B naar A wordt berekend met het gemiddelde azimuth  $T_m$  van de lijnstukken CA en BA, hetwelk gevonden wordt door op  $T_{w(CA)}$  en  $T_{w(BA)}$  de halve convergentie toe te passen met het teken zoals dat in par. 6.9 is aangegeven. Aangezien de coördinaten van A nog niet bekend zijn, moet een nauwkeurige constructie worden uitgevoerd van het te berekenen punt, waaruit de waarden van middelbreedte en veranderde lengte met voldoende zekerheid kunnen worden bepaald. Het is duidelijk, dat de halve convergentie van de zijde met het grootste lengteverschil gelijk moet zijn aan de som van de halve convergenties van de beide andere zijden.

Nu zijn dus bekend de lengten en azimuths van B naar A en van C naar A, zodat op 2 manieren de coördinaten van A berekend kunnen worden. Hierdoor is dus weer controle op de berekening verkregen. De formules, die voor deze berekening worden gebruikt zijn:

$$\Delta\lambda''_{(CA)} = \frac{b \cdot \sin T_{m(CA)}}{p} \text{ en } \Delta\varphi''_{(CA)} = \frac{b \cdot \cos T_{m(CA)}}{m} \quad (7.3.1.10b)$$

voor de berekening van A uit C en:

$$\Delta\lambda''_{(BA)} = \frac{c \cdot \sin T_{m(BA)}}{p} \text{ en } \Delta\varphi''_{(BA)} = \frac{c \cdot \cos T_{m(BA)}}{m} \quad (7.3.1.10c)$$

voor de berekening van A uit B. De waarden van  $p$  en  $m$  moeten weer worden opgezocht bij de middelbreedten die behoren bij de gebruikte puntenparen. Een uitgewerkt voorbeeld van een berekende triangulatie-driehoek is gegeven in „Hydrografische Becijferingen 1950”.

### 7.3.1.11 Enige rekenaanwijzingen voor locale triangulatie

1. Het gemiddeld azimuth  $T_m$  wordt steeds gerekend van Noord =  $0^\circ$  door E tot  $360^\circ$ . Teneinde de juiste tekens te vinden voor de goniometrische functies van het azimuth, verdient het aanbeveling om de veranderde breedte in N-richting +



te noemen en in S-richting —, terwijl de veranderde lengte in E-richting + en in W-richting — genoemd dient te worden.

2. Alle logarithmische berekeningen kunnen in 6 decimalen worden verricht. Bij machinerekenen kan eveneens volstaan worden met 6 decimalen in de goniometrische verhoudingen. Om de in de laatste regel van par. 7.3.1.5 genoemde reden is het — ter bevordering van de eenheid in het cijferwerk — aan te bevelen ook hier 8 decimalen te gebruiken.

3. Om te weten met welk teken  $\Delta\alpha$  of  $\frac{1}{2}\Delta\alpha$  moet worden toegepast maakt men bij voorkeur een schetsje, zoals in de rechterhelft van fig. 6.11 is aangegeven. Zonder gebruik te maken van een dergelijke schets kan ook de volgende regel worden toegepast. (zie par. 6.9.):

| breedte | $\Delta\alpha$ of $\frac{1}{2}\Delta\alpha$ optellen +<br>of aftrekken — |             |
|---------|--------------------------------------------------------------------------|-------------|
|         | Oostelijker                                                              | Westelijker |
|         | Op de grootcirkel of<br>driehoekszijde                                   |             |
| Noord   | +                                                                        | —           |
| Zuid    | —                                                                        | +           |

4. Bij de controle op de halve convergentie in de vaste driehoek door het samentellen van de convergenties van de beide kortere zijden kan er een verschil optreden van 1" met de halve convergentie van de langste zijde, welk verschil uit afronding kan zijn ontstaan. Afrondingsverschillen van 0",01 in de coördinaten van A, berekend uit B of uit C, zijn ook mogelijk.

### 7.3.2 Vereffening

#### 7.3.2.1 Algemeen

De praktijk van het waarnemen leert ons, dat wanneer enige waarnemingen van een zelfde grootte onder ogenschijnlijk volkomen dezelfde omstandigheden worden verricht, de waarnemingsuitkomsten niet gelijk zijn, doch een bepaalde fluctuatie vertonen. Er treden tussen de waarnemingsuitkomsten onderling kleine verschillen op, welke niet verklaarbaar zijn uit verschillen in de uiterlijke omstandigheden, waaronder de waarnemingen werden verricht. De praktijk leert eveneens, dat de uitkomsten zich min of meer symmetrisch groeperen om een zekere „midden”-waarde, zodanig, dat de kleine afwijkingen van die middenwaarde het talrijkst zijn en de grotere afwijkingen minder talrijk. Dit verschijnsel kan men noemen de fluctuatie van de herhaalde waarneming.

Iets dergelijks doet zich ook voor bij de waarnemingen, welke aan bepaalde voorwaarden moeten voldoen. Om een voorbeeld te nemen: wanneer de drie hoeken van een driehoek worden gemeten, zal de som van de waarnemingsuitkomsten gemeenlijk verschillen van 180°. Het optreden van dit verschil wordt de „sluitfout” genoemd. Wordt het meetproces herhaald, dan vindt men gewoonlijk steeds andere sluitfouten, doch ook deze sluitfouten zullen om een zekere middenwaarde fluctueren, welke waarde in dit geval nul zal zijn, terwijl het aantal sluitfouten dicht bij nul groter zal zijn dan het aantal dat meer van nul afwijkt. Verondersteld is hierbij, dat er geen enkele invloed aanwezig is, die het meetresultaat een bepaalde, van 180° verschillende, waarde tracht te doen aannemen, zoals bij voorbeeld het sferisch exces. Dit verschijnsel kan men de fluctuatie om de voorwaarde noemen.

Uit het bovenstaande wordt duidelijk, dat zowel de fluctuatie van de herhaalde waarneming als de fluctuatie om de voorwaarde slechts dan gevonden worden, wanneer er meer waarnemingen zijn verricht dan voor de kennis van de grootte van het geobserveerde object noodzakelijk is. Meet men een lijnstuk éénmaal, dan vindt men een lengte er voor. Meet men het de 2e maal, dan treden tegenspraken op in de beide gevonden lengten. Voor de kennis van de vorm van een driehoek is het slechts noodzakelijk 2 hoeken te meten, daar de waarde van de 3e hoek dan volgt uit de voorwaarde, dat de som van de 3 hoeken gelijk aan  $180^\circ$  moet zijn. Meet men alle drie de hoeken, dan treedt een sluitfout op. De waarnemingen, welke voor de kennis van de grootte van het geobserveerde object niet strikt noodzakelijk zijn, noemt men *overtollige* waarnemingen. De hierboven genoemde fluctuaties der waarnemingen duidt men in de literatuur vaak aan met de naam *toevallige fouten*.

In het algemeen kan worden gezegd, dat het doel van vereffeningsmethoden is het vinden van de meest waarschijnlijke waarde uit *alle* waarnemingen, die voor het bepalen van een grootheid zijn verricht, dus inclusief de overtollige waarnemingen. Verondersteld is hierbij, dat deze waarnemingen van te voren zo goed mogelijk zijn ontdaan van vergissingen, invloeden van constante en van systematische aard. Stelt men daarnaast nog de eis dat de invloed van de toevallige fouten op het eindresultaat tot een minimum is teruggebracht, dan moet men zich bedienen van de vereffeningsmethode volgens de methode der kleinste kwadraten.

Het is duidelijk, dat het verrichten van overtollige waarnemingen een voorwaarde is om te kunnen vereffen. Zonder overtolligheid geen vereffening. Daarnaast geven deze overtollige waarnemingen de waarnemer een goede controle op vergissingen. Het is eveneens duidelijk, dat door het verrichten van overtollige waarnemingen de toevallige fouten op zullen treden. Door geen enkel meetschema zijn deze „fouten” uit te bannen. Wel zal door een verfijning van de waarnemingstechniek de grens, waarbinnen de toevallige fouten zich bewegen, nauwer worden, mits een verfijnde rekentechniek met de verfijnde meettechniek gelijke tred houdt, zodat ook de berekende resultaten een kleinere onzekerheid vertonen.

Het vereffenen bestaat dus uit het zoeken van correcties, welke aan de waargenomen grootheden moeten worden aangebracht, teneinde hun meest waarschijnlijke waarden te vinden. Zoals verderop zal blijken, maken de overtollige waarnemingen, tengevolge waarvan vereffend kan worden, het eveneens mogelijk, een inzicht te verkrijgen in de nauwkeurigheid van de waarnemingen en dientengevolge ook van de uit die waarnemingen berekende grootheden.

Als een gelukkige omstandigheid is aan de dag getreden, dat er in het gedrag van directe- en van indirecte waarnemingen geen verschil bestaat. Onder directe waarnemingen worden verstaan de grootheden die door observatie te onzer kennis komen. Onder indirecte waarnemingen vallen alle grootheden die in functioneel verband staan met de waargenomen grootheden. Indien dus de schommelingen in de waarnemingen van een hoek *a* aan bepaalde wetten gehoorzamen, dan zullen de daarmee samenhangende schommelingen in sin *a* aan dezelfde wetten blijken te voldoen. Op deze omstandigheid berust de praktische bruikbaarheid van de vereffeningsmethoden.

### 7.3.2.2 *Het begrip modulus of middelbare fout*

De modulus van een waarnemingsreeks is een benoemde grootheid en is uitgedrukt in dezelfde eenheid als de waargenomen grootheid. De modulus is een maat

voor de nauwkeurigheid waarmee de observaties van een reeks waarnemingen zijn verricht. Van 2 waarnemingsreeksen, bestaande uit dezelfde soort waargenomen grootheden, is de reeks met de *kleinste* modulus de *nauwkeurigste*. In de literatuur wordt voor modulus vaak het woord *middelbare fout* gebruikt.

Ook aan één enkele waarneming kan een middelbare fout worden toegekend. Het is duidelijk, dat deze waarneming in zichzelf de waarnemer geen gelegenheid biedt een inzicht te verkrijgen in de nauwkeurigheid ervan door het ontbreken van overtollige waarnemingen en dus van tegenspraken. Doch een dergelijke waarneming moet dan worden gezien als één uit een serie reeds met hetzelfde instrument en onder ongeveer gelijke omstandigheden uitgevoerde observaties; de middelbare fout wordt in dat geval toegekend op grond van verkregen ervaring.

Ook een constante kan als een waargenomen grootte worden opgevat en wel als een waargenomen grootte met een modulus nul. Gezegd kan worden, dat de betrouwbaarheid van een waarneming omgekeerd evenredig is met de modulus. Een constante is uit dien hoofde op te vatten als een waarneming van absolute betrouwbaarheid, of volkomen nauwkeurigheid.

Zoals later zal blijken, is de grootte van de modulus volgens bepaalde voorschriften te berekenen uit de correcties, welke aan de waarnemingen van een reeks moeten worden aangebracht, teneinde de tegenspraken uit die waarnemingen te doen verdwijnen.

### 7.3.2.3 *Eigenschappen van moduli*

Indien  $x$  een functie is van de grootheden  $p, q, r, \dots$ , terwijl van  $p, q, r, \dots$  de moduli of middelbare fouten bekend zijn, dan zal ook  $x$  een middelbare fout hebben. Indien wordt aangenomen, dat de grootheden  $p, q, r, \dots$  elkaar onderling niet beïnvloeden, hetgeen men aanduidt met *correlatievrijheid*, dan luidt de voortplantingswet voor de moduli als volgt.

Zij  $x = f(p, q, r, \dots)$  en worden de moduli van  $p, q, r, \dots$  aangeduid met  $m_p, m_q, m_r, \dots$ , dan is:

$$m_x^2 = \left(\frac{\partial f}{\partial p}\right)^2 \cdot m_p^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial q}\right)^2 \cdot m_q^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial r}\right)^2 \cdot m_r^2 + \dots \quad (7.3.2.3a)$$

Aangenomen is hierbij, dat  $x$  differentieerbaar is naar de veranderlijken  $p, q, r, \dots$  en dat de partiële differentiaalquotiënten in de intervallen, aangegeven door de moduli, ongeveer constant zijn. Over het algemeen kan dit laatste veilig worden aangenomen, aangezien het interval dat door de moduli wordt aangegeven, gewoonlijk klein is. Het is echter wel zaak zich te realiseren, dat form. (7.3.2.3a) niet geldt in het volgende geval:  $x = \operatorname{tg} p$ ,  $p = 89^\circ 58'$  en  $m_p = 5'$ , daar nu de waarde van het differentiaalquotiënt binnen het interval van  $5'$  niet meer bij benadering constant mag worden verondersteld. Voor de hydrografische praktijk is deze begrenzing van de bruikbaarheid van form. (7.3.2.3a) niet van wezenlijk belang, aangezien dergelijke functies nooit in hun grensgebied zullen worden bezigtigd.

Uit form. (7.3.2.3a) volgen verschillende eenvoudiger gevallen, waarvan er enige hieronder zullen worden gegeven. Constanten zullen worden aangegeven door de letters  $a, b, c, \dots$  en veranderlijken door de letters  $p, q, r, \dots$ , de onbekenden door  $x, y, z$ , en de moduli door de letter  $m$  met als index de veranderlijke waarvoor de modulus geldt.

$$x = ap + bq + cr + \dots \quad m_x^2 = a^2 \cdot m_p^2 + b^2 \cdot m_q^2 + c^2 \cdot m_r^2 + \dots \quad (7.3.2.3b)$$

Zijn in formule (7.3.2.3b) de constanten gelijk aan 1, dan gaat de formule over in:

$$x = p + q + r + \dots \quad m_x^2 = m_p^2 + m_q^2 + m_r^2 + \dots \quad (7.3.2.3c)$$

Is in form. (7.3.2.3c) de modulus van alle veranderlijken gelijk aan  $m_p$ , dan gaat form. (7.3.2.3c) over in:

$$x = p_1 + p_2 + p_3 + \dots \quad m_x^2 = \sum m_p^2 \text{ of } m_x = \sqrt{n \cdot m_p^2} = m_p \sqrt{n} \quad (7.3.2.3d)$$

indien  $n$  het aantal veranderlijken voorstelt. Uit deze formule volgt verder direct de waarde van de modulus van het rekenkundig gemiddelde  $x$  uit  $n$  waarnemingen  $p$ , alle met dezelfde modulus  $m_p$ :

$$x = \frac{p_1 + p_2 + p_3 + \dots + p_n}{n} \quad m_x = \frac{m_p}{\sqrt{n}} \quad (7.3.2.3e)$$

Vervolgens zullen nog enige voorbeelden worden gegeven van de voortplanting van moduli door niet-lineaire functies. Zoals reeds werd getoond, moet nu rekening worden gehouden met het optreden van bijzondere gevallen, waarin de voortplantingswet van de moduli niet geldt.

$$x = \log_{10} p = M \cdot \log_e p \quad m_x = \frac{M}{p} \cdot m_p. \quad (7.3.2.3f)$$

Hierin is  $M$  het verhoudingsgetal der Briggiaanse logaritmen tot de natuurlijke logaritmen.  $M = 0,4342945$ .

$$x = \sqrt{p^2 + q^2} \quad m_x^2 = \frac{p^2}{p^2 + q^2} m_p^2 + \frac{q^2}{p^2 + q^2} m_q^2 \quad (7.3.2.3g)$$

$$x = \sin A \quad m_x = \cos A \frac{m_A}{\varrho} \quad (7.3.2.3h)$$

Hierin is  $\varrho = 206265''$  het aantal boogseconden (sexagesimaal), dat in de radiaal is begrepen. Dit is alleen noodzakelijk, indien  $m_A$  is uitgedrukt in graden, minuten en seconden.

$$\begin{aligned} c = \frac{a \cdot \sin C}{\sin A} \quad m_c^2 &= \frac{\sin^2 C}{\sin^2 A} m_a^2 + \frac{a^2 \cos^2 C}{\sin^2 A} \frac{m_c^2}{\varrho^2} + \frac{a^2 \sin^2 C \cdot \cotg^2 A}{\sin^2 A} \frac{m_A^2}{\varrho^2} = \\ &= c^2 \left( \frac{m_a^2}{a^2} + \cotg^2 C \frac{m_c^2}{\varrho^2} + \cotg^2 A \frac{m_A^2}{\varrho^2} \right) \end{aligned} \quad (7.3.2.3i)$$

$$y = \log \cos p \quad m_y = \frac{-M}{\cos p} \sin p \frac{m_p}{\varrho} = M \operatorname{tg} p \frac{m_p}{\varrho}. \quad (7.3.2.3j)$$

Hierin is het minteken een gevolg van de differentiatie van  $\cos p$  naar  $p$ . Aangezien van de modulus alleen de absolute waarde van belang is, kan het minteken in form. (7.3.2.3j) dus worden weggelaten. De notatie van form. (7.3.2.3i) is niet in overeenstemming met de notatie, zoals deze aan het begin was vastgesteld. Dit werd met opzet gedaan, aangezien het hier gaat om een bekende betrekking uit de trigonometrie. De  $c$  en de  $a$  stellen zijden voor en de  $C$  en de  $A$  de tegenoverliggende hoeken.

Het aantal voorbeelden zou nog met vele uit te breiden zijn, ware het niet dat form. (7.3.2.3a) dit overbodig maakt. Deze vergelijking geeft voor iedere functie,

welke naar zijn veranderlijken partieel differentieerbaar is, de modulus van die functie uit de bekende moduli van de veranderlijken.

Zoals form. (7.3.2.3j) laat zien, is het zoeken van de modulus van  $y$  bij bekende modulus van  $p$  een omslachtig werk. Hierbij kan de logarithmentafel uitkomst brengen. Deze zal voor een bepaald interval van  $p$ , b.v.  $10''$ , de aangroeiing geven, welke de  $\log \cos p$  in dat interval ondergaat. In een logarithmentafel zijn deze intervallen zo gekozen, dat rechtlijnige interpolatie erin is toegestaan. Indien nu de modulus van  $p$  in dit interval wordt uitgedrukt, dan geeft de daarbij behorende aangroeiing van de  $\log \cos$  meteen de modulus van  $\log \cos p$ . Op analoge wijze kan uit de logarithmentafel voor de natuurlijke getallen de modulus direct worden gevonden van  $x = \log_{10} p$  als de modulus van  $p$  bekend is.

Op deze wijze behandeld, kan ook form. (7.3.2.3i) eenvoudiger worden opgelost. Voor  $c = a \cdot \sin C : \sin A$  kan worden geschreven:  $\log c = \log a + \log \sin C - \log \sin A$ . Hieruit volgt volgens form. (7.3.2.3c) dat:

$$m_{\log c}^2 = m_{\log a}^2 + m_{\log \sin C}^2 + m_{\log \sin A}^2,$$

waarin de moduli van  $\log a$ ,  $\log \sin C$  en  $\log \sin A$  uit die van  $a$ ,  $C$  en  $A$  zijn te vinden met behulp van de logarithmentafel. Na kwadratering, optelling en worteltrekking wordt hieruit de modulus van  $\log c$  gevonden. Nu kan de omgekeerde werkwijze worden toegepast en in de tafel worden opgezocht, welke modulus van  $c$  een aangroeiing van  $\log c$  geeft, welke net zo groot is als de gevonden modulus van  $\log c$ , waarmee de middelbare fout in  $c$  bekend is.

#### 7.3.2.4 Toekenning van gewichten

Het kan voorkomen, dat een grootheid verschillende malen is waargenomen, terwijl de observaties onderling verschillende moduli of middelbare fouten hebben. Daar deze moduli een maat zijn voor de nauwkeurigheid van de waarneming, kan dus ook worden gezegd, dat om een of andere reden een grootheid enige malen met verschillende nauwkeurigheid is waargenomen. De oorzaken voor deze verschillende nauwkeurigheden kunnen liggen in het gebruik van onderling ongelijkwaardige instrumenten, het uitvoeren van de observaties bij variërende weersgesteldheid, in het feit dat verschillende waarnemingen met een zelfde instrument een onderling ongelijk aantal malen is herhaald, verschillende waarnemers en dergelijke.

Ter vergemakkelijking van het werken met dergelijke waarnemingen van ongelijke nauwkeurigheid wordt het gewicht van een waarneming ingevoerd. Het gewicht is, in tegenstelling met de modulus, een onbenoemd getal. Het is het getal, dat omgekeerd evenredig is met het kwadraat der modulus.

Zij van een waarneming  $a$  de modulus  $m_a$ , dan wordt het gewicht van  $a$ ,  $g_a$ , voorgesteld door:

$$g_a = \frac{m^2}{m_a^2} \quad (7.3.2.4a)$$

Hierin is  $m^2$  een willekeurig te kiezen constante. Uit form. (7.3.2.4a) blijkt, dat indien  $g_a = 1$ ,  $m_a = m$  wordt, zodat  $m$  kan worden beschouwd als de modulus van een waarneming met het gewicht 1. Uit form. (7.3.2.4a) volgt verder, dat

$$m_a = m : \sqrt{g_a} \quad (7.3.2.4b)$$

Het is gewoonte om  $m$  de middelbare fout in de gewichtseenheid te noemen. Substitueren we form. (7.3.2.4b) in form. (7.3.2.3e), dan wordt gevonden:

$$\frac{m}{\sqrt{g_x}} = \frac{m}{\sqrt{g_p} \cdot \sqrt{n}} \text{ of } g_x = n \cdot g_p. \quad (7.3.2.4c)$$

Daar form. (7.3.2.3e) aangaf de modulus van het rekenkundig gemiddelde uit  $n$  waarnemingen van gelijke nauwkeurigheid, geeft form. (7.3.2.4c) aan, dat het gewicht van het rekenkundig gemiddelde van  $n$  waarnemingen met gewicht  $g$  gelijk is aan  $n \cdot g$ . Hadden alle waarnemingen het gewicht 1, dan zou het gewicht van het rekenkundig gemiddelde gelijk zijn aan  $n$ . Indien alle waarnemingen een gewicht 1 hebben, wil dat zeggen, dat ze alle een modulus gelijk  $m$  hebben. Men kan dus ook zeggen, dat een waarneming met gewicht  $g$  is op te vatten als het rekenkundig gemiddelde van  $g$  waarnemingen met modulus  $m$ , dus met gewicht 1. Verder volgt hieruit, dat  $n$  waarnemingen met gewichten  $g_1$  tot en met  $g_n$  kunnen worden beschouwd als  $[g_i]$  waarnemingen ( $i$  van 1 tot  $n$ ) met modulus  $m$ , dus gewicht 1. Het rekenkundig gemiddelde van deze  $n$  waarnemingen zal dan volgens form. (7.3.2.4c) het gewicht  $[g_i]$  hebben.

Uit form. (7.3.2.4b) volgt nog, dat de middelbare fout in de gewichtseenheid te vinden is door de modulus van een waarneming te vermenigvuldigen met de wortel uit haar gewicht. Daar gewichtsgedaten in wezen verhoudingsgetallen zijn, is het voldoende om van een bepaalde, bij elkaar behorende, groep waarnemingen, de *verhoudingen der gewichten* te kennen. Door alle verhoudingsgetallen met een bepaald bedrag te vermenigvuldigen kan worden bereikt, dat met gemakkelijk hanteerbare, hele getallen wordt gewerkt. Deze handelwijze is geoorloofd, mits in gedachten wordt gehouden, dat door het vermenigvuldigen van de gewichten met een bepaald bedrag de middelbare fout in de gewichtseenheid wordt gewijzigd, zoals direct volgt uit form. (7.3.2.4b).

### 7.3.2.5 Voortplanting van gewichten

Het ligt voor de hand, dat de voortplanting van gewichten in nauw verband staat met de voortplanting van de moduli, aangezien de gewichtsdefinitie geheel op de modulus rust. Substitutie van form. (7.3.2.4b) in form. (7.3.2.3a) geeft dan ook:

$$\frac{m^2}{g_x} = \left(\frac{\partial f}{\partial p}\right)^2 \cdot \frac{m^2}{g_p} + \left(\frac{\partial f}{\partial q}\right)^2 \cdot \frac{m^2}{g_q} + \left(\frac{\partial f}{\partial r}\right)^2 \cdot \frac{m^2}{g_r} + \dots,$$

hetgeen overgaat in:

$$\frac{1}{g_x} = \left(\frac{\partial f}{\partial p}\right)^2 \cdot \frac{1}{g_p} + \left(\frac{\partial f}{\partial q}\right)^2 \cdot \frac{1}{g_q} + \left(\frac{\partial f}{\partial r}\right)^2 \cdot \frac{1}{g_r} + \dots \quad (7.3.2.5a)$$

Uit deze algemene voortplantingsvergelijking volgen weer een aantal eenvoudiger gevallen, welke echter niet afzonderlijk meer behandeld zullen worden, aangezien de lezer ze zelf af kan leiden uit form. (7.3.2.5a).

### 7.3.2.6 De vereffening

Het valt buiten het bestek van dit werk om de vereffeningsmethode volgens de kleinste kwadraten in extenso te behandelen. Daarom zal worden volstaan met

het geven van een paar vuistregels, die voor enkele veel voorkomende gevallen aangeven, hoe gehandeld moet worden. Voor de afleiding van deze regels wordt verwezen naar de desbetreffende literatuur.

Bij hydrografische werkzaamheden zal de herhaalde waarneming voorkomen en het ligt voor de hand, hiervoor een aantal vereffeningsregels te geven. Uit de theorie van de vereffening volgens de methode der kleinste kwadraten volgt nu:

1e eigenschap: Indien een grootheid  $n$  maal met gelijk gewicht is waargenomen, dan is de meest waarschijnlijke waarde van die grootheid het rekenkundig gemiddelde der waarnemingen. Het gewicht van dit rekenkundig gemiddelde is  $n$  maal het gewicht van elk der oorspronkelijke waarnemingen. De verbeteringen, welke nu aan elke waarneming moeten worden aangebracht om dit rekenkundig gemiddelde te krijgen, worden gevonden door de betrokken waarnemingen van het gemiddelde af te trekken. Dit toepassen van verbeteringen wordt vereffenen genoemd, doch heeft in dit geval weinig zin, omdat de meest waarschijnlijke waarde reeds is gevonden. Wel spelen deze verbeteringen een rol bij de bepaling van de modulus, zoals verderop zal blijken.

2e eigenschap: Indien een grootheid  $n$  maal met ongelijke gewichten is waargenomen, dan is de meest waarschijnlijke waarde van die grootheid een quotiënt, waarvan de teller de som is van de producten van de waarnemingen en hun bijbehorende gewichten en de noemer de som van de gewichten. Het gewicht van dit quotiënt is de som van de gewichten van de oorspronkelijke waarnemingen. De verschillende verbeteringen worden weer gevonden door de waarnemingen af te trekken van de meest waarschijnlijke waarde voor de grootheid, zoals deze op de hier omschreven wijze is gevonden.

Een ander veel voorkomend geval is het feit, dat ten behoeve van een bepaald meetproces alle grootheden enige malen herhaald zijn waargenomen, waarbij wordt aangenomen, dat de herhalingen met gelijk gewicht zijn geschied. In dat geval geldt de

3e eigenschap: Indien ten behoeve van een bepaald meetproces alle grootheden enige malen herhaald zijn waargenomen, dan kan het vereffeningsprobleem worden aangevangen met fictieve waarnemingen, welke de rekenkundige gemiddelden zijn van de herhaalde waarnemingen van een zelfde grootheid. Als gewichten voor deze fictieve waarnemingen moeten de gewichten van de rekenkundige gemiddelden worden gekozen, zoals die volgen uit de 1e eigenschap.

Indien in een bepaald vereffeningsprobleem voorwaardevergelijkingen voorkomen, zullen dergelijke vergelijkingen onaantastbaar geacht worden, hetgeen leidt tot de

4e eigenschap: Voorwaardevergelijkingen welke een gevolg zijn van bepaalde wiskundige eigenschappen waaraan voldaan moet worden, zullen altijd zwaarder wegen dan de waarnemingen zelf, zodat deze waarnemingen, nadat zij zijn vereffend, aan deze voorwaarden moeten voldoen. Zijn de waarnemingen met gelijk gewicht verricht, dan geschiedt deze vereffening door het gelijkelijk verdelen van de opgetreden sluitfout met tegengesteld teken over de waarnemingen. Deze eigenschap geldt alleen voor voorwaardevergelijkingen, welke lineaire betrekkingen tussen de waargenomen grootheden uitdrukken en dus niet voor logaritmische, goniometrische- en andere niet-lineaire betrekkingen. In dit laatste geval geldt de

5e eigenschap: Indien moet worden voldaan aan niet-lineaire voorwaardevergelijkingen, dan kunnen de daarin optredende niet-lineaire functies toch lineair worden beschouwd binnen een bepaald, zeer klein gebied. Dit wil zeggen, dat de functies binnen dit gebied worden aangenomen rechtlijnig aan te groeien. De sluitfout wordt nu met tegengesteld teken over de functies verdeeld naar evenredigheid van de aangroeiingen van die functies.

Door volledig te voldoen aan de voorwaardevergelijkingen bereikt men dat de te berekenen figuur (b.v. driehoek, veelhoek, triangulatiernet) rekenkundig sluitend gemaakt wordt. Door dit te doen met de uit de vereffening verkregen meest waarschijnlijke waarden van de in de berekening te gebruiken meetgegevens, bereikt men dat de fouten in de berekende grootheden (b.v. coördinaten van de triangulatiepunten) zo klein mogelijk zullen zijn.

Als doel van de vereffening moet men dus zien het met zo klein mogelijke middelbare fouten rekenkundig sluitend maken van een reeks van waarnemingen van verschillende grootheden.

Voor verdere eigenschappen van de vereffening volgens de methode der kleinste kwadraten wordt naar de vakliteratuur verwezen. De praktische uitvoering van de vereffening wordt verder aangegeven in de voorbeelden van par. 7.3.3.

### 7.3.3 Vereffeningsvoorbeelden

#### 7.3.3.1 Vereffening in een driehoek

In een driehoek bestaat één voorwaarde, nl. dat de som van de drie hoeken gelijk is aan  $180^\circ$ , eventueel vermeerderd met het sferisch exces. Van vereffening kan slechts sprake zijn, wanneer alle drie de hoeken zijn gemeten.

Noemen we de gemeten hoeken  $A'$ ,  $B'$  en  $C'$ , de sluitfout  $s$  en de vereffende hoeken  $A$ ,  $B$  en  $C$ , dan vinden we dus, dat  $A' + B' + C' - 180^\circ = s$ , terwijl na de vereffening moet gelden:  $A + B + C = 180^\circ$ . Het vereffenen van de gemeten hoeken geschiedt door het aanbrengen van de verbeteringen  $v = -\frac{1}{3}s$ , waarna:  $A' + v = A' - \frac{1}{3}s = A$ ,  $B' + v = B' - \frac{1}{3}s = B$  en  $C' + v = C' - \frac{1}{3}s = C$ .

Deze wijze van vereffenen is alleen juist, wanneer de hoeken met gelijk gewicht zijn gemeten. Is dit niet het geval, hebben nl. de hoeken  $A'$ ,  $B'$  en  $C'$  de gewichten resp.  $g_1$ ,  $g_2$  en  $g_3$ , dan dient de verdeling van de sluitfout  $s$  te geschieden omgekeerd evenredig met deze gewichten. Een voorbeeld maakt duidelijk, hoe dit geschiedt. Stel  $s = 22''$ ,  $g_1 = 1$ ,  $g_2 = 2$  en  $g_3 = 3$ . De 3 verbeteringen  $v_1$ ,  $v_2$  en  $v_3$  moeten dan samen gelijk zijn aan  $-22''$  en zich verder verhouden als  $1 : \frac{1}{2} : \frac{1}{3} = 6 : 3 : 2$ , waaruit volgt:  $v_1 = -\frac{6}{11} \cdot 22'' = -12''$ ,  $v_2 = -\frac{3}{11} \cdot 22'' = -6''$  en  $v_3 = -\frac{2}{11} \cdot 22'' = -4''$ .

De vereffende hoeken worden nu gevonden door:  $A = A' - 12''$ ,  $B = B' - 6''$  en  $C = C' - 4''$ . Hiermede is de vereffening gereed, hoewel in den regel de vereffende hoeken zullen worden gebruikt bij de verdere berekeningen, welke in de driehoek noodzakelijk zijn. Hiertoe is het noodzakelijk, de middelbare fouten te kennen van de *vereffende* hoeken, welke middelbare fouten natuurlijk niet gelijk hoeven te zijn aan die van de onvereffende hoeken.

De strenge rekenmethodes om te geraken tot de moduli van de vereffende hoeken, zullen hier niet worden gegeven, aangezien zij buiten het bestek van dit boek vallen. Hiervoor wordt verwezen naar de desbetreffende literatuur. Een voor de practijk vaak aanvaardbare schatting van de modulus van de vereffende waarneming wordt verkregen door de eerder genoemde bedragen  $v_1$ ,  $v_2$  en  $v_3$  te ver-



### § 7.3.3.1

menigvuldigen met  $\frac{1}{\sin A}$ , althans voor zolang er sprake is van het vereffenen van de drie hoeken van een driehoek, waarin alle hoeken zijn gemeten.

In de regel wordt onder vereffenen eveneens begrepen het onderzoek naar de voortplanting van de moduli. In de practijk van het trianguleren zal het geregeld voorkomen, dat in een driehoek bekend zijn één zijde en de drie hoeken en dat van de beide andere zijden lengte en azimuth gezocht worden. Zijn de 3 hoeken van de driehoek weer A, B en C en noemen we de overliggende zijden resp. a, b en c, terwijl de resp. moduli  $m_A, m_B, m_C, m_a, m_b$  en  $m_c$  genoemd worden, dan is de lengte van de onbekende zijde b uit de bekende lengte van zijde a te vinden volgens de formule:

$$b = \frac{a \cdot \sin B}{\sin A} = a \cdot \sin B \cdot \operatorname{cosec} A.$$

Wenst men nu de middelbare fout te kennen in de lengte van b, uitgaande van de middelbare fouten in a, B en A, dan wordt door toepassing van form. (7.3.2.3a) gevonden:

$$m_b^2 = \sin^2 B \cdot \operatorname{cosec}^2 A \cdot m_a^2 + a^2 \cdot \cos^2 B \cdot \operatorname{cosec}^2 A \cdot \frac{m_B^2}{\rho^2} + a^2 \cdot \sin^2 B \cdot \cot^2 A \cdot \operatorname{cosec}^2 A \cdot \frac{m_A^2}{\rho^2}$$

Neemt men aan, dat de lengte van zijde a foutloos bekend is, dan vindt men de middelbare fout in de lengte van b, welke modulus in dat geval uitsluitend een gevolg is van de hoekmeting, uit de vergelijking:

$$\begin{aligned} m_b^2 &= a^2 \cdot \cos^2 B \cdot \operatorname{cosec}^2 A \cdot \frac{m_B^2}{\rho^2} + a^2 \cdot \sin^2 B \cdot \cot^2 A \cdot \operatorname{cosec}^2 A \cdot \frac{m_A^2}{\rho^2} = \\ &= b^2 \left( \cot^2 B \cdot \frac{m_B^2}{\rho^2} + \cot^2 A \cdot \frac{m_A^2}{\rho^2} \right) \end{aligned}$$

Het is vaak gebruikelijk de middelbare fout in een lengte uit te drukken in die lengte, waardoor de relatieve middelbare fout, in dit geval  $m_b : b$ , wordt gevonden. In het geval van de driehoek wordt de relatieve middelbare fout in de gezochte zijde:

$$\frac{m_b}{b} = \cot^2 B \cdot \frac{m_B}{\rho} + \cot^2 A \cdot \frac{m_A}{\rho} \quad (7.3.3.1a)$$

Uit form. (7.3.3.1a) blijkt, dat de relatieve middelbare fout in b gelijk wordt aan nul, indien zowel hoek A als hoek B gelijk zijn aan  $90^\circ$ . Aangezien dit een onbestaanbare driehoek is, vervalt deze mogelijkheid. Verder is het bij een normale triangulatie driehoek verkeerdt, ernaar te streven, de hoeken A en B dan zo groot mogelijk te maken, omdat dan hoek C zeer klein wordt en dus de relatieve middelbare fout in de zijde c zeer groot, hetgeen in strijd zou zijn met de algemene eis voor iedere triangulatie, neergelegd in par. 7.1, aangaande een voldoende gelijkmatige inwendige nauwkeurigheid. Uit dien hoofde is de gelijkzijdige driehoek voor triangulaties de meest aangewezen. Hebben daarbij alle hoeken een zelfde modulus, dan gaat in dat geval (7.3.3.1a) over in:

$$\frac{m_b}{b} = 0,666 \frac{m_{\text{hoek}}}{\rho} \quad \text{of} \quad \frac{m_b}{b} = 0,816 \frac{m_{\text{hoek}}}{\rho}$$

Noemen we de middelbare fout in een lengte gedeeld door die lengte, de relatieve middelbare fout in lengte, met hetzelfde recht kunnen we de middelbare fout in

de hoek, gedeeld door de radiaal (uitgedrukt in dezelfde eenheden als de middelbare fout in de hoek), de relatieve middelbare fout in de hoek noemen. Kiezen we voor de relatieve middelbare fout de letter  $r$  en stelt de index  $h$  „hoek” voor, dan is dus:

$$r_b = 0,816 r_h = r_c. \quad (7.3.3.1b)$$

welke vergelijking dus alleen voor een gelijkzijdige driehoek geldt, waarin alle hoeken met gelijk gewicht zijn waargenomen en waarin de lengte van de bekende zijde  $a$  als foutloos is verondersteld. Het is makkelijk af te leiden, dat, wanneer  $a$  niet foutloos bekend is, form. (7.3.3.1b) overgaat in:  $r_b^2 = r_c^2 = r_a^2 + 0,666 r_h^2$  in een gelijkzijdige driehoek, waarin de hoeken gelijke moduli bezitten. Hieruit blijkt, dat de overbrenging van lengten met behulp van hoekmeting altijd nauwkeurighedsverlies met zich meebrengt.

Het azimuth van de zijden  $b$  en  $c$  wordt gevonden uit het bekende azimuth van  $a$  door toepassing van de hoeken  $B$  en  $C$ :  $az.b = az.a \pm C$  en  $az.c = az.a \mp B$ , zodat de moduli in de azimuths worden gevonden uit:

$$m_{az.b}^2 = m_{az.a}^2 + m_c^2 \text{ en } m_{az.c}^2 = m_{az.a}^2 + m_b^2. \quad (7.3.3.1c)$$

Hiermede is de voortplanting van fouten in een driehoek schematisch bekeken. Er zal later onder par. 7.3.3.6 nader op worden teruggekomen.

### 7.3.3.2 Vereffening in een vierhoek

De vereffening van de vierhoek is in wezen een benaderde en geen strenge vereffening, doch voor de practijk is het verschil tussen beide methoden van geen betekenis en heeft de benaderde methode van vereffenen het grote voordeel van snelheid.

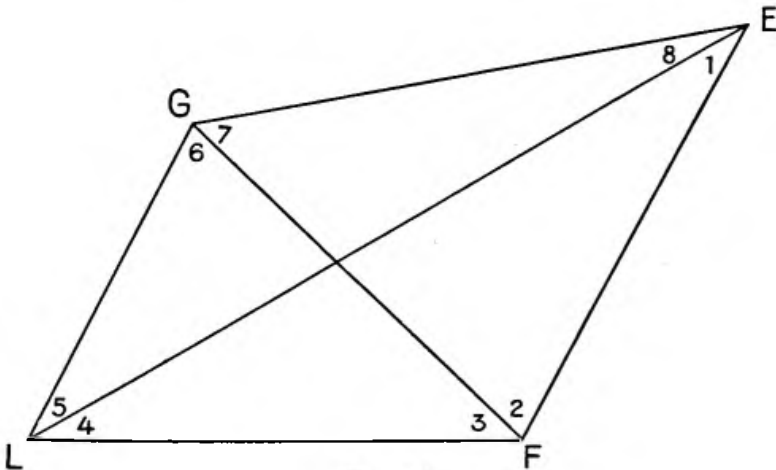


Fig. 7.8

Onder een vierhoek wordt hier verstaan een vierhoek, waarin de hoeken, ingesloten door de diagonalen, ook worden meegemeten, uitgezonderd die, in het snijpunt van de diagonalen. Een dergelijke vierhoek wordt een volgemeten vierhoek genoemd.

Zij EFLG de vierhoek en zijn de hoeken genummerd als aangegeven in fig. 7.8. Deze vierhoek bestaat, zoals direct is te zien, uit drie onafhankelijke driehoeken, terwijl de vierde driehoek afhankelijk van de andere drie is. Er zullen dus drie driehoeksvoorwaarden optreden, waaraan door de vereffening voldaan moet worden. Verder moet er nog een zijdevoorwaarde optreden, welke het best blijkt, door het snijpunt van de diagonalen te beschouwen als het toppunt van de vier omliggende driehoekjes. Het is duidelijk, dat dan moet gelden, dat het product van de sinussen van de oneven basishoeken gelijk moet zijn aan het product van de sinussen van de even basishoeken.

Door aan deze voorwaarden te voldoen, wordt de vierhoek een geometrisch en dus ook rekenkundig sluitende figuur. De wijze waarop aan de driehoeksvoorwaarden voldaan moet worden, is reeds in par. 7.3.3.1 behandeld. In de praktijk van het vereffenen van een vierhoek worden de drie driehoeksvoorwaarden echter gesplitst. In de eerste plaats wordt de som van de 8 gemeten hoeken gelijk aan  $360^\circ$  gemaakt, zo nodig rekening houdende met het sferisch exces. Verder volgt uit fig. 7.8 direct, dat de som van de hoeken 1 en 2 gelijk moet zijn aan de som van de hoeken 5 en 6. Vervolgens wordt de som van de hoeken 3 en 4 gelijk gemaakt aan de som van de hoeken 7 en 8, waarna op een andere wijze is voldaan aan de drie driehoeksvoorwaarden. De sluitfout welke bij de vierhoeksvoorwaarde optreedt, wordt over de 8 hoeken verdeeld omgekeerd evenredig met hun gewichten. De andere 2 sluitfouten worden gelijkelijk verdeeld. Er wordt hier gewezen op het feit, dat omgekeerd evenredig met de gewichten hetzelfde betekent als recht evenredig met de kwadraten van de middelbare fouten, hetgeen volgt uit de definitie voor het gewicht van een waarneming volgens par. 7.3.2.4.

Het schema in „Hydrografische Becijferingen 1950” is alleen in logarithmische vorm gegeven, hetgeen de bepaling van de 3e correctie, die tengevolge van de sinusvoorwaarde, zeer vereenvoudigt.

De hoeken worden benoemd in de volgorde als aangegeven in fig. 7.8. De waarden van de oneven genummerde hoeken plaatst men in de bovenhelft van het schema, die van de even genummerde hoeken in de onderhelft. Achter de hoekwaarden vermeldt men eventueel de gewichten, toegekend aan de diverse hoeken in verband met hun middelbare fouten, zoals deze uit de metingen zijn gevolgd.

Het verschil:  $360^\circ$  — som der acht hoeken, wordt omgekeerd evenredig met deze gewichten (d. i. recht evenredig met de kwadraten der middelbare fouten) over de acht hoeken verdeeld. De som van deze hoeken is daarna  $360^\circ$ .

Door de logarithmische behandeling gaat de sinusvoorwaarde over in de voorwaarde, dat de som van de logarithmen van de sinussen van de oneven basishoeken gelijk moet zijn aan die van de logarithmen van de sinussen van de even basishoeken. Bij het opzoeken van de log. sinus wordt tevens nagegaan het verschil in eenheden van de laatste decimaal dat in deze log sinus optreedt wanneer de waarde van de hoek zich  $1''$  wijzigt. De som van de acht aldus bepaalde waarden noemen we  $v$  en het verschil in de sommen der logarithmen der sinussen van de even en de oneven basishoeken wordt  $V$  genoemd. De correctie die nu nog op alle hoeken moet worden toegepast, wordt gevonden uit  $\pm V/v \cdot 1''$  en is dus voor iedere hoek gelijk.

Hierna volgt de berekening van de zijden van de afzonderlijke driehoeken, eveneens logarithmisch, door gebruik te maken van de sinusregel. Voor de wijze waarop in het schema de middelbare fouten worden doorgerekend, wordt verwezen naar de laatste alinea van par. 7.3.2.3.

7.3.3.3 *Vereffening der hoeken en zijden van een vierhoek, waarvan één driehoek reeds vereffend en gebruikt is.*

Van de vierhoek LGMF in fig. 7.9. is de driehoek GFL reeds vereffend en gebruikt. Bij de vereffening van de vierhoek mogen de hoeken 2, 7 en  $1 + 8$  dus niet meer veranderen. Dit houdt in dat bij het toepassen van een correctie van  $+c$  op hoek 1 een correctie van  $-c$  op hoek 8 moet worden toegepast.

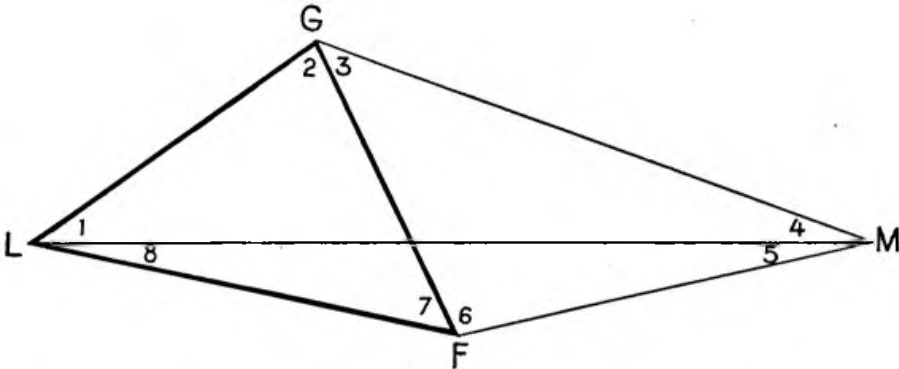


Fig. 7.9

Het schema in „Hydrografische Becijferingen 1950” is alleen in logaritmische vorm gegeven, aangezien bij machinerekenen de becijfering van de 4e correctie te gecompliceerd wordt. De hoeken worden benoemd als aangegeven in fig. 7.9. In het schema worden de hoeken eerst gerangschikt in groepen van drie, naar de driehoeken waar zij in voorkomen.

De correcties die werden toegepast om de reeds vereffende en gebruikte driehoek sluitend te maken, moeten op die zelfde hoeken, voorzover zij ook in andere driehoeken van de vierhoek voorkomen, eveneens en met hetzelfde teken in rekening worden gebracht. Het schema laat dit duidelijk zien. Van deze andere driehoeken wijzigen zich dus de sluitfouten.

Vervolgens worden de dubbele hoeken samengeteld. Het verschil met  $360^\circ$  wordt gelijkelijk verdeeld over de drie hoeken van driehoek FGM, welke ieder  $\frac{1}{3}$  gedeelte krijgen, hetgeen betekent, dat de hoeken 4 en 5 elk  $\frac{1}{6}$  gedeelte krijgen.

Na deze vereffening sluiten zowel de vierhoek als de driehoek FGM. Thans moeten de driehoeken GLM en FLM nog sluitend worden gemaakt. Deze overblijvende sluitfouten moeten in de beide driehoeken even groot zijn, doch van tegengesteld teken, aangezien de vierhoek reeds sluit. Deze sluitfouten worden gelijkelijk verdeeld over de enkele hoeken van deze driehoeken, welke dus elk  $\frac{1}{2}$  van de sluitfout als correctie ontvangen. Hierna sluiten alle driehoeken.

Thans moet nog worden voldaan aan de sinusvoorwaarde. De bewerking is geheel identiek aan die, welke in par. 7.3.3.2 is beschreven, met dien verstande, dat de hoeken 2 en 7 niet meer gewijzigd mogen worden. Dit houdt in, dat een gelijke correctie voor de overige 6 hoeken niet meer toelaatbaar is, daar hierdoor de driehoeken FLM en GLM niet meer zouden sluiten. Men lost dit op door op de hoeken 4 en 5, tegenover de reeds gebruikte driehoek een dubbele correctie toe te passen,

waardoor de figuur sluitend blijft. In de kolom  $\Delta 1''$  wordt deze waarde voor de hoeken 4 en 5 met 2 vermenigvuldigd. Hierna moeten de sommen van de log. sinus van de linkerbasishoeken en van de rechterbasishoeken aan elkaar gelijk zijn. Een verschil in de laatste decimaal van 1 is geoorloofd als gevolg van afrondingsfouten.

Berekening van de vierhoekszijden geschiedt nu weer als in par. 7.3.3.2 aangegeven en wordt derhalve in het schema niet herhaald. In dit schema is aangenomen, dat alle hoeken met een gelijk gewicht zijn bepaald. Het is evenwel mogelijk bij ongelijke gewichten de correcties in overeenstemming met de gewichten te bepalen. Dit dient dan te geschieden voor de toepassing van de 2e correctie.

In de voorbeelden van par. 7.3.3.1, 7.3.3.2 en 7.3.3.3 is voor de makkelijke berekening aangenomen, dat de middelbare fout in de vereffende hoeken gelijk is aan de helft van de totale correctie welke op die hoeken is toegepast. Over het algemeen worden hiermede middelbare fouten verkregen, welke te klein zijn en derhalve een te gunstig beeld van de situatie geven. In de hydrografische praktijk verdient het derhalve aanbeveling om zich te houden aan de 5e alinea van par. 7.3.3.1.

#### 7.3.3.4 Vereffening van een driehoeksnet met centraal meetpunt

In het driehoeksnet met centraal meetpunt, zoals dit is gegeven in fig. 7.10, komen 7 voorwaarden voor, te weten 5 driehoeksvoorwaarden, een horizonvoorwaarde en de sinusvoorwaarde. De driehoeksvoorwaarden zijn reeds bekend en bestaan uit het sluitend maken van de drie hoeken op  $180^\circ$ . De horizonvoorwaarde bestaat hierin, dat na de vereffening de 5 centrale hoeken, 3, 6, 9, 12 en 15, te zamen  $360^\circ$  moeten zijn. De sinusvoorwaarde is weer dezelfde welke ook in de vierhoek optrad, en houdt in dat de som van de logaritmen van de sinus van de linkerbasishoeken gelijk moet zijn aan die van de rechterbasishoeken.

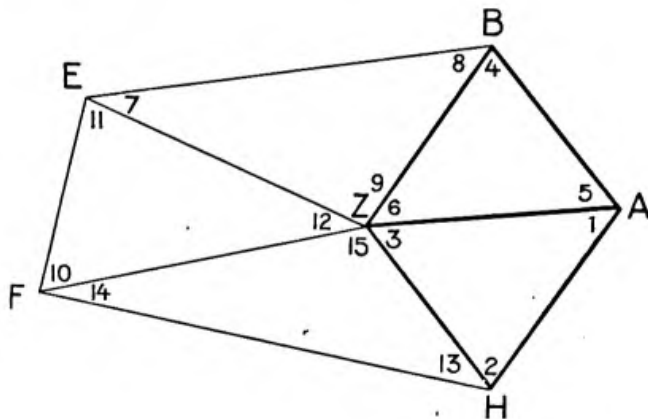


Fig. 7.10

De afleiding van deze laatste voorwaarde kan eenvoudig aan de hand van fig. 7.10 worden gedemonstreerd. Uitgaande van de zijde AZ, volgt de lengte van zijde BZ uit:  $BZ = AZ \cdot \sin 5 : \sin 4$ .

De lengte van zijde EZ uit die van BZ wordt berekend volgens:

$$EZ = BZ \cdot \sin 8 : \sin 7 = AZ \cdot \sin 5 \cdot \sin 8 : (\sin 4 \cdot \sin 7).$$

Verder vindt men:

$FZ = EZ \cdot \sin 11 : \sin 10 = AZ \cdot \sin 5 \cdot \sin 8 \cdot \sin 11 : (\sin 4 \cdot \sin 7 \cdot \sin 10)$  en  
 $HZ = FZ \cdot \sin 14 : \sin 13 = AZ \cdot \sin 5 \cdot \sin 8 \cdot \sin 11 \cdot \sin 14 : (\sin 4 \cdot \sin 7 \cdot \sin 10 \cdot \sin 13)$ ,  
 zodat uiteindelijk wordt gevonden:

$$AZ = HZ \cdot \sin 2 : \sin 1,$$

waarvoor kan worden geschreven:

$$AZ = \frac{AZ \cdot \sin 2 \cdot \sin 5 \cdot \sin 8 \cdot \sin 11 \cdot \sin 14}{\sin 1 \cdot \sin 4 \cdot \sin 7 \cdot \sin 10 \cdot \sin 13},$$

waaruit onmiddellijk volgt:

$$\sin 1 \cdot \sin 4 \cdot \sin 7 \cdot \sin 10 \cdot \sin 13 = \sin 2 \cdot \sin 5 \cdot \sin 8 \cdot \sin 11 \cdot \sin 14,$$

welke laatste vergelijking, door over te gaan op logaritmen, verandert in 2 sommen, die aan elkaar gelijk moeten zijn.

In het schema in „Hydrografische Becijferingen 1950” is aangenomen, dat de driehoeken ABZ en AHZ reeds eerder zijn vereffend en gebruikt. In deze driehoeken is dus reeds voldaan aan de driehoeksvoorwaarde. In de andere driehoeken wordt het verschil met  $180^\circ$  met tegengesteld teken gelijkelyk over de drie hoeken verdeeld, tenzij zij met verschillend gewicht zijn gemeten, in welk geval de correcties naar evenredigheid van de kwadraten van de middelbare fouten worden bepaald.

Vervolgens worden de centrale hoeken gesommeerd en het verschil met  $360^\circ$  gevonden. De centrale hoeken van de reeds vereffende driehoeken krijgen geen correctie. De sluitfout wordt dus gelijkelyk over de resterende drie centrale hoeken verdeeld, dan wel met inachtneming van de gewichten. Hierdoor worden deze driehoeken weer verstoord volgens de driehoeksvoorwaarde, zodat de correctie aan de centrale hoek met tegengesteld teken gelijkelyk op de twee andere hoeken van die driehoek moet worden toegepast (elk krijgt dus de helft van de correctie aan de centrale hoek, doch met tegengesteld teken).

Over het algemeen kan het sferisch exces voor de driehoeken buiten beschouwing blijven door hun geringe oppervlak, doch het oppervlak van het driehoeksnet kan zo groot worden, dat het sferisch exces niet verwaarloosd mag worden. In dat geval is het sferisch exces gelijk aan de som van de sferische excessen der samenstellende driehoeken; alhoewel klein voor elke afzonderlijke driehoek, kan het totale effect niet meer buiten beschouwing blijven, zodra het bedrag niet meer te verwaarlozen is vergeleken met fouten in hoekmetingen en berekeningen. De voorwaardevergelijkingen voor een veelhoek als aangegeven in fig. 7.10 luiden dan als volgt:

$$\begin{array}{ll} \text{5 driehoeksvoorwaarden} & \begin{array}{l} 1 + 2 + 3 - (180^\circ + \varepsilon_{\Delta ZHA}) = 0^\circ \\ 4 + 5 + 6 - (180^\circ + \varepsilon_{\Delta ZAB}) = 0^\circ \\ \hline 13 + 14 + 15 - (180^\circ + \varepsilon_{\Delta ZFH}) = 0^\circ \end{array} \\ \text{1 horizonvoorwaarde} & 3 + 6 + 9 + 12 + 15 = 360^\circ \\ \text{1 sinusvoorwaarde} & \frac{\sin 1 \sin 4 \sin 7 \sin 10 \sin 13}{\sin 2 \sin 5 \sin 8 \sin 11 \sin 14} = 1 \end{array}$$

Opgemerkt wordt, dat de *zijdelengten* in deze figuur worden berekend volgens de regel van Legendre (par. 7.3.1.5), d.w.z. met de volgens bovenstaande voorwaarden vereffende hoeken op de bol, elk verminderd met  $\frac{1}{3}$  van het sferisch exces van de betreffende driehoek.

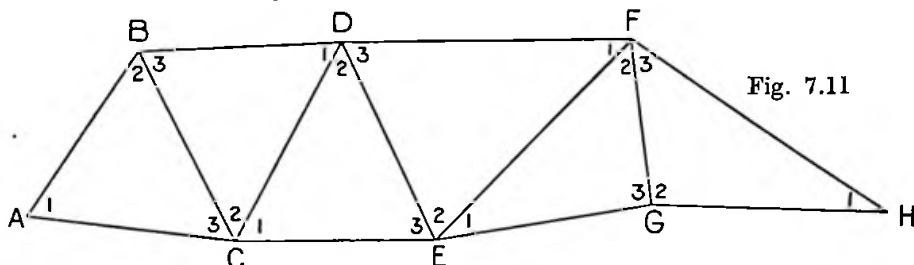
## 7.3.3.5 Vereffening van een driehoeksnet met meer centrale meetpunten

In wezen brengt de vereffening van een driehoeksnet met meer centrale meetpunten geen nieuwe gezichtspunten. Men vangt aan met de vereffening van het driehoeksnet om het meest in het midden gelegen centrale meetpunt. Vervolgens werkt men de netten naar de kanten van het terrein toe af. In deze laatste netten zullen driehoeken voorkomen, welke reeds waren vereffend bij de vorige stap van het vereffeningsprocédé, doch hoe in dit geval gehandeld dient te worden werd reeds aangegeven in de vorige paragraaf 7.3.3.4, zodat dit niet opnieuw zal worden beschouwd.

Er dient op te worden gewezen, dat de volgorde, waarin de netten worden vereffend, invloed heeft op de vereffende waarden van de hoeken van het net, hetgeen een gevolg is van het feit, dat de aangegeven methode een benaderingsmethode is. De strenge vereffening van een dergelijk net is echter te omslachtig om aan boord uitgevoerd te worden. Teneinde nog goede resultaten te verkrijgen, dient het voorschrift, dat de vereffening moet worden aangevangen om een centraal meetpunt, dat zo goed mogelijk in het midden van het gehele gebied is gelegen. Hierdoor wordt de kans op accumulatie van vereffeningsfouten zo gering mogelijk.

## 7.3.3.6 Vereffening van een driehoeksketting

Indien van de driehoeksketting in fig. 7.11 alle hoeken zijn gemeten, dan is de vereffening van deze ketting zeer eenvoudig. De enige voorwaarden waaraan voldaan moet worden, zijn de driehoeksvoorwaarden voor elke driehoek.



Het is van belang, hier nog eens te wijzen op de formule in par. 7.3.3.1, welke de relatieve middelbare fout aangeeft van een driehoekszijde in een gelijkzijdige driehoek, wanneer is uitgegaan van een bekende zijde met een bepaalde middelbare fout en de middelbare fout in de hoek voor alle hoeken gelijk is. Deze vergelijking luidt:

$$r^2_b = r^2_c = r^2_a + 0,666 r^2_h. \quad (7.3.3.6a)$$

Zoals reeds werd aangegeven, betekent  $r$  de relatieve middelbare fout, dat wil zeggen voor lengten de middelbare fout gedeeld door die lengte en voor hoeken de middelbare fout in de hoek gedeeld door het aantal seconden in de radiaal.

In fig. 7.11 uitgaande van AB als bekende zijde, met een relatieve middelbare fout  $r_{AB}$  en aannemende dat alle driehoeken gelijkzijdig zijn en alle hoeken met gelijk gewicht zijn gemeten, geldt volgens form. (7.3.3.6a):  $r^2_{BC} = r^2_{AB} + 0,666 r^2_h$ , maar eveneens geldt:  $r^2_{CD} = r^2_{BC} + 0,666 r^2_h = r^2_{AB} + 2 \times 0,666 r^2_h$ .

Op deze manier wordt voor de relatieve middelbare fout in FH gevonden:  $r^2_{FH} = r^2_{AB} + 6 \times 0,666 r^2_h$ , waaruit volgt, dat men bij benadering kan zeggen, dat

in de  $n^e$  driehoek van een ketting de relatieve middelbare fout in de zijdelengten  $\sqrt{n}$  maal de relatieve fout in hoekmeting bedraagt, hetgeen dan nog alleen geldt voor een ketting, bestaande uit ideale driehoeken. In de praktijk kan men aannemen, dat de relatieve middelbare fout iets groter is en dat men haar mag stellen op  $1,2\sqrt{n}$ . Men kan dan reeds direct een schatting maken van de te verwachten middelbare fouten door te zeggen:

$$r^2 \text{ zijden } n^e \text{ driehoek} = r^2 \text{ zijde } 1^e \text{ dr. hk} + 1,44 \cdot n \cdot 0,666 r_h^2.$$

Door bijvoorbeeld de zijde DE als de bekende zijde te kiezen en van daaruit naar de beide uiteinden toe te werken, wordt  $n$  kleiner en daardoor het resultaat in de nauwkeurigheid van de uiterste driehoeks zijden gunstiger. Uit dien hoofde zal het altijd aanbeveling verdienen, een basismeting in het midden van een triangulatiernet te verrichten, indien de omstandigheden zulks gedogen.

### 7.3.4 Aansluiting

#### 7.3.4.1 Aansluiting tussen 2 gemeten bases

In wezen is de aansluiting van een triangulatie aan of tussen 2 bases een verkapte vereffening en dient ter controle op de voortplanting van de fouten in de lengte- overbrenging met behulp van hoekmeting.

De lengte van de zijde FH in fig. 7.11 is op de volgende manier uit te drukken in die van AB:

$$FH = AB \cdot \frac{\sin A_1 \cdot \sin C_1 \cdot \sin E_1 \cdot \sin B_3 \cdot \sin D_3 \cdot \sin F_3}{\sin C_3 \cdot \sin E_3 \cdot \sin G_3 \cdot \sin D_1 \cdot \sin F_1 \cdot \sin H_1}$$

Is van AB de lengte bekend door meting, dan is de lengte van FH te vinden door berekening. Dat de middelbare fout in de uit berekening gevonden lengte van FH groot kan zijn is reeds aangetoond in par. 7.3.3.6, terwijl daar tevens in bleek, dat deze grote middelbare fout alleen te danken is aan de middelbare fouten in de hoeken. De middelbare fout in lengte van AB speelt op het laatst geen rol van betekenis meer, doch gaat teloor onder de fouten in de hoeken.

Indien derhalve de zijde FH eveneens door basismeting bekend wordt, dan kan de daarbij gevonden lengte worden aangehouden als onaantastbaar en moet de driehoeksketting voldoen aan een extra voorwaarde, welke wordt uitgedrukt door:

$$\log FH + \log \sin C_3 + \log \sin E_3 + \log \sin G_3 + \log \sin D_1 + \log \sin F_1 + \log \sin H_1 = \\ = \log AB + \log \sin A_1 + \log \sin C_1 + \log \sin E_1 + \log \sin B_3 + \log \sin D_3 + \log \sin F_3.$$

De sommen van deze logarithmen moeten dus aan elkaar gelijk gemaakt worden en gezien het voorgaande, ligt het voor de hand dit te bewerkstelligen door correcties aan de hoeken aan te brengen. Dit geschiedt op geheel dezelfde wijze als waarop in de vierhoek en de driehoeksnetten met centraal meetpunt wordt voldaan aan de sinusvoorwaarde, zoals aangegeven in par. 7.3.3.2. De hoeken in het linker lid en in het rechter lid van de hiervoor aangegeven vergelijking krijgen dus gelijke correcties, doch tegengesteld in teken. Een beschouwing van de hoeken doet zien, dat de driehoeksvoorwaarden, waarop deze driehoeken reeds waren vereffend, hierdoor niet worden verstoord. Krijgt hoek  $C_3$  een positieve correctie, dan krijgt hoek  $A_1$  een even grote doch negatieve correctie. De hoeken met index 2 krijgen geen correctie.

Deze vereffening houdt in, dat alle driehoeken opnieuw becijferd dienen te worden, teneinde de definitieve coördinaten van hun hoekpunten te vinden. De uit



de berekening volgende lengte voor FH zal dan echter gelijk zijn aan de lengte die door rechtstreekse meting is gevonden. Op het constructieblad staat FH echter reeds afgebeeld op de oorspronkelijk aangenomen schaal volgens de lengte, zoals deze uit de berekening (voor de rechtstreekse meting) is gevolgd. Een herconstructie van dit blad zal meestal niet nodig zijn door de geringe grootte van de correcties aan de hoeken, doch voor een juiste kaartering is het noodzakelijk, de schaal van het constructieblad te herzien. Een klein voorbeeld zal hier verhelderend werken.

Stel dat een constructieblad is opgezet op een schaal 1 : 100.000 en dat basis AB (zie fig. 7.11) is gemeten en een lengte blijkt te hebben van 4529,36 meter. Deze driehoekszijde zal dan op het constructieblad worden afgebeeld als een lijnstuk ter lengte van 45,3 mm. Alle driehoeken zijn volgemeten en vereffend op de driehoeksvoorwaarde, waarna de hoekpunten van het net berekend kunnen worden en in het blad worden afgezet. Uit de berekening van de laatste driehoek volgt voor de lengte van de zijde FH 6357,36 meter en op het blad zal dus dit lijnstuk een lengte hebben van 63,6 mm, of om geheel juist te zijn: 63,5736 mm. Rechtstreekse meting van de driehoekszijde FH leverde als lengte op: 6359,23 meter. Zoals reeds werd betoogd, verdient de rechtstreeks gemeten waarde aanzienlijk meer vertrouwen dan de door berekening afgeleide en derhalve is de aansluiting van de driehoeksketting aan de beide gemeten bases zodanig geschied, dat de berekende en gemeten afstand met elkaar in overeenstemming zijn.

Het gevolg van bovenomschreven procedure is echter, dat nu op het constructieblad het lijnstuk FH staat afgebeeld op een lengte van 63,5736 mm, welke lengte in werkelijkheid 6359,23 meter voorstelt. Hierdoor wordt de schaal van het constructieblad ter plaatse van de driehoekszijde FH veranderd in 1 : 100.029, zodat de schaal waarop het gehele driehoeksnet is afgebeeld een regelmatig veranderende is, nl. van 1 : 100.000 bij zijde AB tot 1 : 100.029 bij zijde FH. Voor reproductiedoeleinden is een dergelijke veranderende schaal een nadeel en zal men in den regel voor het gehele gebied tussen de zijden AB en FH een gemiddelde schaal aannemen, hetgeen in ons voorbeeld neerkomt op een schaal 1 : 100.015. De leider ener opneming is verplicht in zijn hydrografische rapporten voorstellen te doen tot schaalwijziging van de door hem uitgevoerde triangulaties. Deze voorstellen behoren te zijn gebaseerd op berekeningen en contrôlemetingen als hierboven omschreven.

#### 7.3.4.2 Aansluiting tussen 2 gemeten azimuths

Aangenomen wordt, dat van de driehoekszijde AB in fig. 7.11 het azimuth is bepaald door een astronomische peiling. Uit dit azimuth is door hoekoverdracht ook het azimuth van de zijde FH te berekenen volgens de overgangsvergelijking:  $az. FH = az. AB + A_1 + 180^\circ + C + 180^\circ + E + 180^\circ + G_3 + G_2 + 180^\circ + H_1 + 180^\circ$ , maar hetzelfde azimuth is ook te berekenen uit:

$$az. FH = az. AB + 180^\circ - B_2 - B_3 + 180^\circ - D + 180^\circ - F$$

en het is duidelijk, dat, wanneer de driehoeken zijn vereffend op hun driehoeksvoorwaarde, dat wil dus zeggen, geometrisch bestaانبare figuren zijn geworden, in beide gevallen voor het az. FH dezelfde waarde gevonden wordt. In de bovenstaande vergelijking is met E bedoeld de som van de hoeken  $E_1 + E_2 + E_3$  en evenzo met de andere hoeken, waarvan de indices zijn weggelaten.

De vorengaannde vergelijkingen demonstreren duidelijk, dat het berekende azimuth voor FH aanzienlijk zal zijn aangedaan door de fouten in hoekmeting.

Indien nu in FH het azimuth wordt gecontroleerd door een astronomische peiling, dan zal er dus een verschil optreden tussen berekend en gemeten azimuth en het ligt voor de hand, dat getracht wordt dit verschil door vereffening weg te werken, door correcties aan de hoeken aan te brengen. Deze correcties dienen zo te worden aangebracht, dat aan de driehoeksvoorwaarde waarop de driehoeken alreeds waren vereffend, voldaan blijft. Dit kan gebeuren door de totale correctie welke nodig is om van het berekende azimuth van FH te komen tot het gemeten azimuth, te delen door 2 maal het aantal driehoeken, dat ligt tussen AB en FH en het zo gevonden bedrag met het juiste teken toe te passen op de hoeken met indices 1 en 3 van de hoekpunten A, C, E en G en hetzelfde bedrag, doch met tegengesteld teken toe te passen op de hoeken met indices 1 en 3 van de hoekpunten B, D, F en H. Alle hoeken met indices 2 zullen dan een correctie krijgen, welke 2 maal zo groot is als die van de hoeken met indices 1 en 3 en waarvan het teken afhangt van het teken van de correctie aan de hoeken met index 1 en 3 in dezelfde driehoek. Het totaal van de aangebrachte correcties in één driehoek moet namelijk nul bedragen, teneinde de vereffening op de driehoeksvoorwaarde niet ongedaan te maken.

Een klein voorbeeld laat direct zien wat de bedoeling is. Stel dat het azimuth van FH, dat door observatie is gevonden,  $12''$  kleiner is dan het berekende azimuth van FH. Het aantal driehoeken dat aangesloten moet worden tussen de 2 azimuths bedraagt 6, zodat de correctie-eenheid  $12'' : 12 = 1''$  wordt. Het azimuth van HF moet dus  $12''$  groter worden dan het berekende, hetgeen inhoudt, dat de hoeken  $A_1, C_3, C_1, E_3, E_1, G_3$  elk een correctie van  $+1''$  krijgen en de hoeken  $B_2, D_2$  en  $F_2$  een correctie van  $-2''$ . De hoeken  $C_2, E_2$  en  $G_2$  krijgen elk een correctie van  $+2''$ , terwijl de hoeken  $B_3, D_1, D_3, F_1, F_3$  en  $H_1$  een correctie van  $-1''$  ontvangen. Na enig rekenen zal het de lezer duidelijk worden, dat hiermee aan het vereffeningsvoorschrift dat boven werd gegeven is voldaan, dat aan de driehoeksvoorwaarden voldaan blijft, dat het azimuth dat nu van FH door berekening wordt gevonden  $12''$  kleiner is en derhalve in overeenstemming met de astronomische peiling, en dat het berekende azimuth van FH  $12''$  groter is geworden dan voor de vereffening. De figuur sluit dus geometrisch en het berekende en gemeten azimuth van FH zijn met elkaar in overeenstemming.

Deze methode verdient alleen dan aanbeveling, wanneer in FH geen basis is gemeten. Het is nl. niet mogelijk, met behulp van de in par. 7.3.4.1 en 7.3.4.2 aangegeven methoden zowel te vereffenen op de basisvoorwaarde als op de azimuthvoorwaarde tegelijkertijd. Is het net wel vereffend op de basisvoorwaarde, dan moet worden nagegaan, hoe groot het resterende verschil in berekend en gemeten azimuth nog is en kan mogelijk worden volstaan met een netsdraaiing, waardoor het azimuth van alle driehoekszijden van de ketting een gelijk bedrag verandert. Dit bedrag moet zodanig worden gekozen, dat de azimuths van AB en FH een gelijk doch tegengesteld bedrag verschillen van de azimuths die voor deze zijden door astronomische observatie zijn gevonden. Indien dergelijke netsdraaiingen nodig zijn, dient de leider ener hydrografische opneming hierover in zijn rapporten met redenen omklede voorstellen te doen.

#### 7.3.4.3 Aansluiting aan 2 punten

De driehoeksketting is de meest geschikte vorm om een bruikbare triangulatie op te bouwen langs een kust, waarvan het binnenland moeilijk begaanbaar is. In de meeste gevallen echter zal een dergelijke ketting worden opgehangen tussen

2 punten van een triangulatie van hogere orde. Dat houdt in, dat tenminste 2 punten van de driehoeksketting identiek moeten zijn met punten van de triangulatie van hogere orde.

Indien een driehoeksketting aangesloten moet worden, dan kan worden aangenomen, dat de beide eindpunten van de ketting identiek zijn met punten van een hogere-orde triangulatie. In dit geval zal de aansluiting kunnen geschieden door een gelijkvormigheidstransformatie.

In het hierboven genoemde geval bestaat een gelijkvormigheidstransformatie uit een *draaiing* en een *vergroting*. Duiden we de coördinaten van de voorlopige berekening van de driehoeksketting aan met  $X$  en  $Y$  en die van de triangulatie van hogere orde waaraan aangesloten moet worden met  $X'$  en  $Y'$ , dan luiden de transformatieformules:

$$\begin{aligned} X' &= (V \cdot \cos A) \cdot X - (V \cdot \sin A) \cdot Y \\ Y' &= (V \cdot \sin A) \cdot X + (V \cdot \cos A) \cdot Y, \end{aligned} \quad (7.3.4.3a)$$

waarin  $V$  de vergrotingsfactor en  $A$  de draaiingshoek voorstelt.

Heeft de aansluiting plaats aan de 2 bekende punten  $A$  en  $B$ , van welke punten dus de coördinaten in beide stelsels bekend moeten zijn, dan zijn  $V$  en  $A$  te vinden, daar

$$A = \text{kaarthoek } AB - \text{kaarthoek } A'B' \text{ en } V = \frac{A'B'}{AB} = \frac{1'}{1}.$$

Duiden we de kaarthoek weer aan door de letter  $K$ , dan is, daar

$$\cos A = \cos (K_{AB} - K_{A'B'}) = \sin K_{AB} \cdot \sin K_{A'B'} + \cos K_{AB} \cdot \cos K_{A'B'}$$

$$V \cdot \cos A = \frac{(X_B - X_A) \cdot (X'_B - X'_A) + (Y_B - Y_A) \cdot (Y'_B - Y'_A)}{1^2} \quad (7.3.4.3b)$$

en eveneens:

$$V \cdot \sin A = \frac{(X_B - X_A) \cdot (Y'_B - Y'_A) - (Y_B - Y_A) \cdot (X'_B - X'_A)}{1^2} \quad (7.3.4.3c)$$

waarin

$$1^2 = (X_B - X_A)^2 + (Y_B - Y_A)^2. \quad (7.3.4.3d)$$

Teneinde de gelijkvormigheidstransformatie uit te kunnen voeren, behoeven alleen  $V \cdot \sin A$  en  $V \cdot \cos A$  te worden berekend. Men bepaalt voor de punten  $A$  en  $B$  eerst de coördinatenverschillen in het oude stelsel en vervolgens in het nieuwe stelsel en vindt hiermede de factoren voor de vergelijkingen (7.3.4.3a) door toepassing van de formules (7.3.4.3 b, c, d). Hierna kunnen voor alle punten van de driehoeksketting de nieuwe coördinaten worden berekend, waarbij men voor de punten  $A$  en  $B$  moet uitkomen op de reeds bekende coördinaten, zoals deze uit de triangulatie van hogere orde zijn gevolgd.

Het effect van een gelijkvormigheidsaansluiting is slechts een draaiing en een schaalverandering en de in het aangesloten triangulatiernet eventueel bestaande fouten worden er niet door vereffend.

#### 7.3.4.4 Aansluiting aan meer dan 2 punten. Overbepaalde gelijkvormigheids-transformatie

Heeft men voor de aansluiting de beschikking over drie of meer punten, dan kan eveneens een gelijkvormigheidstransformatie worden uitgevoerd, welke in dit

geval echter overbepaald is, zodat de oplossing moet geschieden met gebruikmaking van de methode der kleinste kwadraten.

Teneinde de berekeningen eenvoudig te houden, worden nieuwe coördinaten ingevoerd en wel door gebruikmaking van een rechthoekig assenstelsel, dat het zwaartepunt van het stelsel punten tot oorsprong heeft. Noemt men de coördinaten van de zwaartepunten in het oude- en in het nieuwe stelsel resp.  $X_z, Y_z$  en  $X'_z, Y'_z$ , dan is:  $X_z = \frac{[X]}{n}$  en  $Y_z = \frac{[Y]}{n}$ . Met deze zwaartepunten als oorsprong worden de coördinaten van de triangulatiepunten in het oude stelsel:

$$X_1^n = X_1 - X_z \text{ en } Y_1^n = Y_1 - Y_z$$

en in het nieuwe stelsel:

$$X_1^{n'} = X'_1 - X'_z \text{ en } Y_1^{n'} = Y'_1 - Y'_z.$$

In de nieuwe coördinaten luiden nu de transformatieformules:

$$\begin{aligned} X_1^{n'} &= (V \cdot \cos A) \cdot X_1^n - (V \cdot \sin A) \cdot Y_1^n \\ Y_1^{n'} &= (V \cdot \sin A) \cdot X_1^n + (V \cdot \cos A) \cdot Y_1^n \end{aligned}$$

Is de draaiingshoek klein en de vergrotingsfactor nagenoeg gelijk aan 1, dan zal  $V \cdot \sin A$  klein zijn en  $V \cdot \cos A$  in de buurt van 1 liggen. Voeren we in dit geval voor  $V \cdot \cos A$  als benaderde waarde 1 in en noemen we  $V \cdot \cos A = p$  en  $V \cdot \sin A = q$ , dan is:

$$p = 1 + dp. \quad (7.3.4.4a)$$

De vereffening geschiedt nu, door aan de  $X^{n'}$  een correctie  $v$  en aan de  $Y^{n'}$  een correctie  $w$  te geven en de onbekenden  $p$  en  $q$  zodanig te bepalen, dat  $[vv] + [ww]$  een minimum wordt.

Stellen we  $v^2 + w^2 = s^2$ , dan heeft  $s$  de betekenis van de afstand te zijn van het gecorrigeerde aansluitingspunt tot het ongecorrigeerde, welke afstand dus tot een minimum gemaakt wordt. Uit de transformatieformules, uitgedrukt in de nieuwe coördinaten en met inachtneming van form. (7.3.4.4a), vinden we de correctie-vergelijkingen:

$$\begin{aligned} v_1 &= dp \cdot X_1^n - q \cdot Y_1^n - dX_1^n \\ w_1 &= dp \cdot Y_1^n + q \cdot X_1^n - dY_1^n. \end{aligned}$$

waarin 
$$dX_1^n = X_1^{n'} - X_1^n \text{ en } dY_1^n = Y_1^{n'} - Y_1^n.$$

Bij toepassing van gelijke gewichten voor alle aansluitingspunten, hetgeen niet à priori noodzakelijk is, volgen hieruit de normaalvergelijkingen:

$$\begin{aligned} dp[X^n X^n + Y^n Y^n] - [X^n dX^n + Y^n dY^n] &= 0 \\ q[X^n X^n + Y^n Y^n] - [X^n dY^n - Y^n dX^n] &= 0 \end{aligned}$$

uit welke vergelijkingen direct volgt:

$$dp = \frac{[X^n dX^n + Y^n dY^n]}{[X^n X^n + Y^n Y^n]} \text{ en } q = \frac{[X^n dY^n - Y^n dX^n]}{[X^n X^n + Y^n Y^n]}.$$

De noemer van deze uitdrukkingen stelt de som voor van de kwadraten der afstanden van elk der aansluitingspunten tot het zwaartepunt van deze punten.

Deze afstanden kunnen met voldoende nauwkeurigheid uit een kaart worden afgestapt. Nu zijn dus de factoren voor de transformatie bepaald en kunnen alle punten door berekening getransformeerd worden.

De overbepaalde gelijkvormigheidsaansluiting kan beschouwd worden als een vorm van vereffening; het aan te sluiten triangulatiennet wordt nl. rekenkundig ingepast in een net van primaire punten, welke men in dit verband als foutloos kan beschouwen, zodat de eventuele voortgaande fouten in de oorspronkelijke triangulatie bij ieder aansluitingspunt gedeeltelijk te niet worden gedaan.

#### 7.3.4.5 *Aansluiting aan meer dan 2 punten. Affine en conforme transformatie.*

De gelijkvormigheidstransformatie is bijzonder geschikt voor aansluiting van driehoekskettingen en de kennis van deze methode is daarom vereist voor de opnemer. Het aansluiten van driehoeksnetten zal aan boord minder vaak geschieden en is meer van belang voor de cartograaf, die een nieuwere opname van een bepaald gebied moet inpassen in een reeds bestaande zeekaart en derhalve een aantal identieke punten kan kiezen in het oude en in het nieuwe stelsel van triangulatie. Is de in te passen nieuwere opname een langgerekte strook, dan kan ook hij volstaan met de toepassing van de (overbepaalde) gelijkvormigheidsaansluiting. Doch meestal zal het voor hem voordelen bieden, de affine of conforme transformatie toe te passen. Deze transformatiemethoden zullen hier niet worden behandeld, doch hiervoor wordt verwezen naar de par. 15 en 16 van de „Handleiding voor de technische werkzaamheden van het kadaster”, uitgegeven te 's-Gravenhage bij de Algemene Landsdrukkerij (thans Staatsdrukkerij en Uitgeverijbedrijf) in 1938. Een nieuwe uitgave van dit belangrijke boekwerk is thans in voorbereiding.

#### 7.3.4.6 *Aansluiting tussen 2 astro stations*

Punten in het terrein, waarvan de geografische coördinaten zijn bepaald uit astronomische waarnemingen, kunnen hun waarde hebben bij het inpassen van een triangulatie in het coördinatennet. Hierbij moet niet uit het oog worden verloren, dat de astronomisch bepaalde coördinaten onderhevig zijn aan vele foutenbronnen, waarvan de twee hoofdgroepen zijn: 1°. de fouten inherent aan het instrumentarium en het gebruikte meetschema en 2°. de veelal onbekende waarden van schietloodafwijking in het gebied, waarin de astronomische observaties zijn verricht.

Bij gebruik van een modern instrumentarium zoals de theodoliet Wild T2 met voorzetprisma, chronograaf en observatie van een stersprogramma, bestaande uit tenminste 18 sterren, kan een middelbare fout in astronomische lengte en in breedte worden verwacht van ongeveer 0,8", zonder dat dit overdreven eisen stelt aan de tijdsduur of de nauwkeurigheid van de observaties. Een dergelijke fout komt op aarde overeen met een onzekerheid van ongeveer 25 meter Noord-Zuid richting en  $25 \cos \varphi$  meter in Oost-West richting.

De waarden die de schietloodafwijkingen ten opzichte van de normaal op de ellipsoïde kunnen bereiken, zijn aanzienlijk groter en kunnen gemakkelijk 40" belopen, terwijl 60" geen grote zeldzaamheid is. Het is duidelijk, dat hierdoor de plaats op de ellipsoïde een even groot bedrag fout komt te liggen, indien men aanneemt, dat de gevonden coördinaten, welke juist zijn voor de geoïde (astronomische coördinaten), onveranderd gelden op de ellipsoïde (geografische coördinaten). En deze aanname

is vaak, bij gebrek aan kennis omtrent de grootte en richting van de schietloodafwijking, de enig mogelijke.

Met enige kans op zekerheid kan worden aangenomen, dat de schietloodafwijkingen bij benadering dezelfde richting houden en van dezelfde orde van grootte blijven, indien men zich beweegt evenwijdig aan bergkammen, dan wel evenwijdig aan zeer diepe zeetroggen. Loodrecht daarop moet rekening worden gehouden met een maximale verandering van de schietloodafwijking, zowel in grootte als ook meestal in richting.

Uit een en ander blijkt, dat de plaats van een astronomisch bepaald station op aarde gemakkelijk 1200 meter fout kan liggen. Beschouwt men echter voornamelijk alleen de fouten voortvloeiend uit het instrumentarium, dan is een fout verwachtbaar van een grootte van 25 meter. Hieruit volgt, dat het eerst een wezenlijke verbetering van het driehoeksnet zal opleveren, indien wordt aangesloten aan 2 punten van astronomische waarnemingen afkomstig, welke zover uiteenliggen, dat de onzekerheden in de coördinaten van de getrianguleerde punten tussen beide astro-stations minstens even groot zijn geworden als de onzekerheden in de coördinaten van de astro-stations zelf. Over het algemeen kan daarom gezegd worden, dat het aansluiten van een primaire triangulatie aan astro-stations geen wezenlijke nauwkeurigheidswinst voor het triangulatiernet zal afwerpen.

Herleiding van de astronomisch gevonden coördinaten tot geografische coördinaten op de ellipsoïde is, wanneer niet kan worden beschikt over gegevens omtrent de schietloodafwijkingen in het betrokken gebied, een langdurig rekenwerk. Staan dergelijke gegevens wel ter beschikking, en voor het gebied van het Oostelijk deel van de Indonesische Archipel wordt hiervoor verwezen naar een uitgave van de Rijksscommissie voor Geodesie bij de drukkerij Waltman te Delft: „Plumb-line deflections and geoid in Eastern Indonesia as derived from gravity” door J. E. baron de Vos van Steenwijk, dan kan hieruit voor een bepaald gebied dus een gemiddelde waarde worden gevonden voor de grootte en richting van de schietloodafwijking, waarna de coördinaten van alle triangulatiepunten een lengte- en breedtecorrectie krijgen teneinde hen te herleiden tot de ellipsoïde. Op de in genoemde publicatie gegeven waarden van de schietloodafwijking moeten nog correcties worden toegepast voor de topografie boven en onder water in een gebied met een straal van ten minste 500 km rond het te bepalen astronomisch station; voor de berekening van deze topografische correctie wordt verwezen naar „The figure of the earth and isostasy from measurements in the United States” door J. F. Hayford (uitgave Coast & Geodetic Survey, Washington D.C., 1909).

Bij secundaire triangulaties, waarbij het er om gaat een in zichzelf gesloten gebied te trianguleren, terwijl de nauwkeurigheid niet tot het hoogste is opgevoerd, kan het soms aanbeveling verdienen, gebruik te maken van een astro-station aan het eind van een triangulatieketting, teneinde hierdoor de coördinaten van de driehoekspunten te verbeteren. De leider der opname zal zich echter, op grond van het voorgaande, een duidelijke voorstelling gemaakt moeten hebben van de waarde van dergelijke verbeteringen. Zeer in het algemeen kan worden gezegd, dat coördinatenverbetering door astronomische waarneming eerst enige, en dan nog beperkte betekenis kan hebben, nadat over een afstand van tenminste 200 zeemijlen is getrianguleerd, zonder dat op enigerlei wijze aansluitingen van andere aard hebben kunnen plaats vinden.

## 7.4 Triangulatie met behulp van het schip

### 7.4.1 Algemeen

Veroorloven de omstandigheden niet een net van vaste driehoeken op te bouwen, dan kan men gebruik maken van het schip als tijdelijk punt. Zo mogelijk wordt daarbij ten anker gegaan, doch bij een te grote waterdiepte laat men het schip drijven. Met deze methode wordt een keten van vaste driehoekspunten langs de wal verkregen, welke anders slechts ten koste van veel kapwerk had kunnen worden bereikt.

De nauwkeurigheid welke met deze wijze van trianguleren bereikt kan worden, is niet groot, aangezien de gelijktijdige metingen, voor zover deze aan boord van het schip moeten geschieden, alleen maar met de sextant kunnen worden verricht. Daarnaast treden onvermijdelijke excentriciteitsfouten op, doordat het punt waarop vanaf de wal wordt gericht, nooit identiek zal zijn met het punt van waaruit aan boord wordt gemeten; de voornaamste foutenbron is echter gelegen in de onmogelijkheid om alle hoeken zuiver gelijktijdig te meten. Deze methode van trianguleren is daarom ontoelaatbaar in primaire triangulaties en wordt sterk afgeraden in de secundaire, doch het kan voorkomen, dat tot dit hulpmiddel moet worden overgegaan, teneinde de secundaire triangulatie niet te lang te laten duren.

In de volgende paragrafen zullen een aantal wenken worden gegeven, die de te bereiken nauwkeurigheid zo hoog mogelijk opvoeren en tevens enige voorbeelden van triangulaties met voor anker liggend of drijvend schip.

### 7.4.2 Wenken voor triangulaties met het schip

1. Het schip moet altijd zodanig voor anker worden gelegd, dat de gunstigste driehoeken ontstaan.
2. De afstanden tussen de bakens aan de wal moet steeds zo groot mogelijk gekozen worden, waardoor het aantal driehoeken beperkt blijft.
3. Indien enigszins mogelijk zal in alle opstellingen aan de wal met de theodoliet worden gemeten. Alle metingen vanaf het schip moeten voor hellende hoeken worden gecorrigeerd.
4. Bijzondere zorg moet worden besteed aan het gelijktijdig meten aan boord en aan de wal. Hiertoe kan een bezwaarde ankerbal dienen, of een groter dagmerk, dat half voor wordt gehesen en na enige minuten geheel voor. Het neergaan van het sein, dat snel moet geschieden, geeft het moment van meten aan.
5. Het punt van het schip, waarop moet worden gemeten, dient een goed zichtbaar en scherp punt te zijn, zoals bijv. de mast vlak boven de mars. Het moet voor de meters aan boord echter mogelijk zijn, met de grote spiegel van de sextant tegen dit meetpunt aan, te meten.
6. Bij voorkeur wordt het schip voor anker gelegd, doch in diep water moet met drijvend schip worden getrianguleerd. In het laatste geval moet met de machines worden gemanoeuvreed, teneinde de doorzeiling ten gevolge van stroom of wind zo veel mogelijk teniet te doen.
7. Alle metingen, zowel aan boord als aan de wal, worden ingeschreven in meetboekjes en van de juiste tijd voorzien. Teneinde geen onzekerheden te introduceren, worden bij vertrek van boord alle horloges gelijkgezet en na aankomst vergeleken.

8. Triangulatiehoeken kleiner dan  $30^\circ$  moeten onder alle omstandigheden worden vermeden. Het aantal series dat wordt gemeten moet zo groot zijn, dat de maximum nauwkeurigheid wordt bereikt, welke in een economisch verantwoord tijdsbestek mogelijk is. Hierbij worde in het oog gehouden, dat een paar series meer aanzienlijk minder tijd kosten dan wanneer later dezelfde triangulatie-driehoeken nogmaals gemeten zouden moeten worden.
9. Het verdient aanbeveling om een meetschema, voorzien van tijden, op te stellen en dit aan de waarnemers die op de wal moeten meten, mee te geven. Hierdoor kan men beter van te voren bepalen, wanneer op de vaste punten gemeten moet worden en wanneer de theodoliet moet worden doorgeslagen, teneinde een zo regelmatig mogelijke meting te verkrijgen. Dit tijdschema behoeft geen absolute tijden te bevatten, doch kan de tijd geven, uitgaande van een bepaald beginpunt.

### 7.4.3 Voorbeelden van triangulaties met het schip

In deze paragraaf zullen drie voorbeelden worden beschouwd van triangulatie met het schip en wel de triangulatie zonder tussenpunten, alsmede die met 1 en met 2 tussenpunten.

In fig. 7.12 is de normale triangulatie met het schip aangegeven, zonder gebruikmaking van tussenpunten. Het punt S stelt de plaats van het schip voor. AB is de zijde waarvan lengte en azimuth bekend zijn. De lengte van BC volgt uit die van AB door de vergelijking:

$$BC = AB \cdot \frac{\sin a \cdot \sin d}{\sin c \cdot \sin f} \quad (7.4.3a)$$

De azimuth-overdracht geschiedt met de hoeken b en e.

De meest gunstige plaats waarop het schip moet liggen, wordt niet enkel beheerst door de vormen der driehoeken; de belichting en de afstand der bakens moeten daarbij dikwijls in aanmerking worden genomen. Staat b.v. de zon in de richting A en is AS groot, dan kan aan eventuele geringe zichtbaarheid van het baken A worden tegemoet gekomen door het schip in de richting van dit baken te verplaatsen. Enkel lettende op de vorm der driehoeken, wordt de meest gunstige plaats voor het schip gevonden door uit te stomen in de lijn, welke de hoek ABC middendoor deelt, tot de hoek CSA gelijk is aan  $180^\circ - \frac{1}{2}ABC$ . Alsdan is de hoek  $a = d$  en  $c = f$ , zijn de beide driehoeken gelijkvormig en dus  $AB : BS = BS : BC$ , zodat een gelijkmatige nauwkeurigheid wordt bereikt.

In het geval het te bepalen baken C' tussen de reeds bekende bakens A en B ligt (de z.g. toegeklapte driehoek), dient het schip in S' te gaan liggen, waarbij S'C' de bissectrice is van hoek AC'B en  $\angle BS'A = 90^\circ$ .

Bij het rondon van hoeken kan het nodig zijn, een tussenpunt te gebruiken. Dit geval is aangegeven in fig. 7.13, waarin weer S de plaats van het schip aanduidt

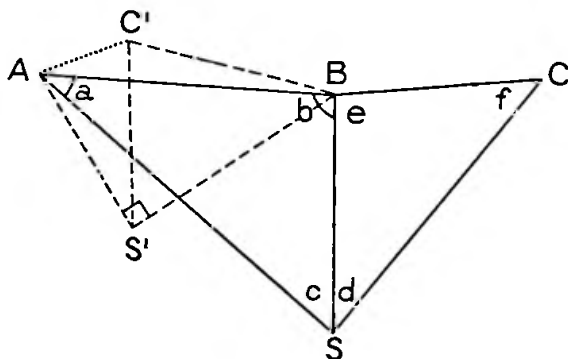


Fig. 7.12



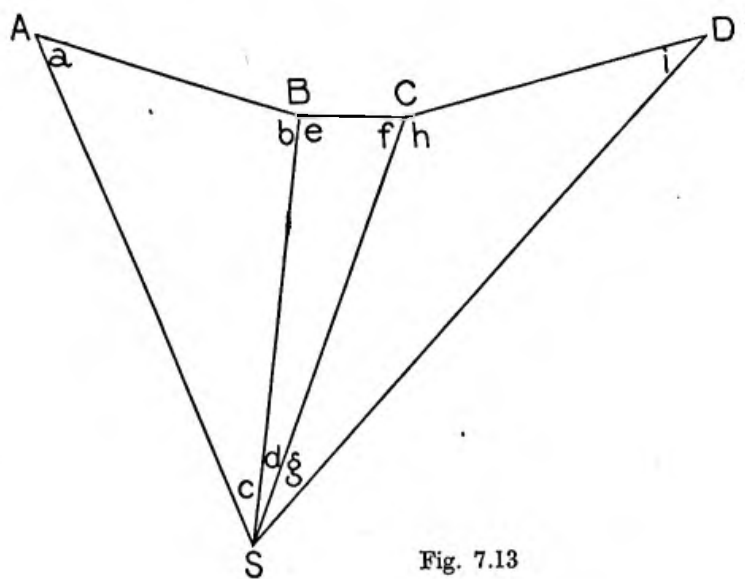


Fig. 7.13

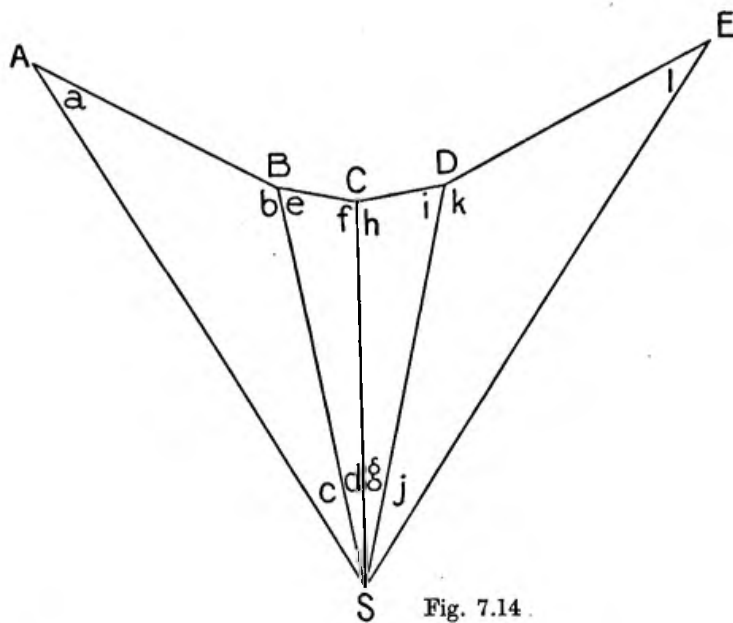


Fig. 7.14

en B het tussenpunt voorstelt. AB is weer de bekende zijde, CD in dit geval de gezochte. De lengte van CD volgt nu uit de vergelijking:

$$CD = AB \cdot \frac{\sin a \cdot \sin e \cdot \sin g}{\sin c \cdot \sin f \cdot \sin i} \quad (7.4.3b)$$

De azimuth-overdracht geschiedt nu door de hoeken b, e, f en h.

Bij het rondan van een sterk uitspringende landhoek kan het nodig blijken 2 tussenpunten in te schakelen, zoals aangegeven in fig. 7.14. S is de plaats van het schip, terwijl de punten B en C de tussenpunten voorstellen. AB is weer de bekende zijde en in dit geval stelt DE de gezochte zijde voor. De berekening van de lengte van DE uit die van AB geschiedt volgens de vergelijking:

$$DE = AB \cdot \frac{\sin a \cdot \sin e \cdot \sin h \cdot \sin j}{\sin c \cdot \sin f \cdot \sin i \cdot \sin l} \quad (7.4.3c)$$

terwijl de azimuth-overdracht geschiedt met behulp van de hoeken: b, e, f, h, i en k.

Het is duidelijk, dat bij het gebruik van één of twee tussenpunten hoge eisen worden gesteld aan de centrering van de theodoliet onder de bakens welke deze tussenpunten markeren. Door de gewoonlijk geringe afstand tussen de tussenpunten zal een kleine centreerfout direct resulteren in een grote afwijking in de azimuth-overdracht. Het is daarom nodig, na gebruik van één of twee tussenpunten, het azimuth van de gezochte zijde te controleren met een astronomische peiling. Het is daarbij absoluut noodzakelijk de z.g. middenhoeken (in fig. 7.14 de hoeken b, e, f, h, i en k) met een theodoliet te meten.

Daar het ondoenlijk is alle mogelijkheden aan te geven, waarbij het schip als triangulatiepunt van tijdelijke aard wordt gebruikt, wordt volstaan met de opsomming van de bovengenoemde gevallen. De vindingrijkheid van de leider ener opneming zal in voorkomende gevallen zijn gids moeten zijn bij het vinden van variaties op deze gevallen. Voor een aantal uitgewerkte voorbeelden wordt verwezen naar het boekwerk: „Hydrografische Becijferingen” 1950, deel I, uitgegeven door het Ministerie van Marine (niet in de handel verkrijgbaar).

## 7.5 Verdichting van het puntenet

### 7.5.1 Algemeen

In de volgende paragrafen zullen een aantal mogelijkheden van verdichting van het puntenet worden behandeld. Hieronder zal niet meer worden gesproken over de secundaire triangulatie, hoewel deze, zoals reeds aangegeven in par. 7.1.2, ook tot de methoden behoort, welke een verdichting van het primaire puntenet nastreven. De problemen welke naar voren komen bij het aansluiten van deze secundaire triangulatie aan punten van het primaire net, werden behandeld in par. 7.3.4.3 e.v., terwijl de triangulatie zelf reeds werd behandeld onder par. 7.3.1.8 t/m par. 7.3.1.11.

Zoals hieronder zal blijken, zijn er verschillende methoden om het puntenet, afgezien van de secundaire triangulatie of in combinatie met deze triangulatie, te verdichten. De methode welke in een bepaald geval zal worden gebruikt, wordt bepaald door de omstandigheden, zowel meetkundige als topografische. Een van de overwegingen, welke bij het bepalen van de methode van netsverdichting doorgaans

de overhand heeft, is de vraag of een punt, dat voor verdichting dienst heeft gedaan, ook nog moet worden gebruikt om op verder te trianguleren. Is dit laatste het geval, dan zal een grotere nauwkeurigheid in de bepaling van dit punt moeten worden nagestreefd, dan wanneer het een geïsoleerd punt betreft, dat slechts dient om in een bepaald gebied de plaatsbepaling te verbeteren of mogelijk te maken, doch voor de verdere triangulatie niet gebruikt behoeft te worden.

### 7.5.2 Snelliusmeting

De grafische oplossing van het probleem van Snellius met behulp van gradenboog en passer is iedere opnemer bekend (par. 8.6). De rekenkundige oplossing van hetzelfde probleem is minder eenvoudig, terwijl daarnaast verschillende oplossingsmethoden bestaan. De snelliusmeting is een methode van eenvoudige puntsbepaling, welke zich zeer goed leent tot het verdichten van het puntennet met punten van goede nauwkeurigheid, zodat eventueel verder trianguleren op dergelijke punten, mits zulks met kennis van zaken geschiedt, mogelijk is.

Zoals bekend, moeten de hoeken worden gemeten, waaronder 3 bekende punten worden gezien, teneinde de standplaats te kunnen berekenen. Over het algemeen zullen echter, indien enigszins mogelijk, meer punten worden geobserveerd in het meetprogramma, teneinde vereffening van het snelliuspunt mogelijk te maken en tevens controle te hebben op de metingen. De oplossing van het probleem is onbepaald wanneer de 3 bekende punten en het gezochte punt de vier punten van een koorden-vierhoek vormen. Wanneer het onbekende punt dicht bij de omgeschreven cirkel van de bekende punten ligt, is de grafische oplossing van het probleem weinig bevredigend, aangezien de snijdingshoek tussen de beide cirkelbogen, behorende bij de beide gemeten hoeken, slechts klein is, zodat een kleine tekenfout een aanzienlijke fout in de standplaats kan geven. De rekenkundige oplossing is in dat geval in principe mogelijk, doch moet ook worden afgeraden, daar een kleine fout in hoekmeting en afrondingsfouten in de berekening, om dezelfde reden als bij de grafische oplossing een kleine tekenfout, een grote onzekerheid geven in de coördinaten van het gezochte punt. De nauwkeurigste plaatsbepaling met behulp van het probleem van Snellius wordt verkregen bij cirkelbogen, welke elkaar onder een hoek van  $90^\circ$  snijden.

De overbepaalde oplossing van het probleem van Snellius op numerische wijze valt uiteen in 2 delen. In de eerste plaats moet uit 3 van de waargenomen bekende punten de voorlopige standplaats worden berekend in coördinaten, welke de voorlopige coördinaten worden genoemd. Hiervoor kiese men dus 3 punten, welke een zo goed mogelijke bepaling van het onbekende punt waarborgen. Het vereist enige routine om te zien, welke 3 bekende punten in een bepaald gebied wel en welke geen goede snijding geven. Nadat de voorlopige coördinaten zijn berekend, moeten de definitieve coördinaten worden gevonden, welke door vereffening van het snelliuspunt kunnen worden verkregen. Het vinden van de definitieve coördinaten is het 2e deel van de numerische oplossingswijze van het probleem.

De berekening van de voorlopige coördinaten en de vereffening zullen worden behandeld in een rechthoekig coördinatensysteem, zoals dit in Nederland bij de Rijksdriehoeksmeting in gebruik is en zoals dit met behulp van tafel XV van de „Hydrografische Tafels 1950” in de vorm van mercatorprojectie is te vinden uit geografische coördinaten.

Voor de berekening van de voorlopige coördinaten zullen 3 methoden worden aangegeven, nl. de methode Collins, methode Cassini en de methode der barycentrische coördinaten.

### 1. Berekening met logarithmen. Methode Collins

In fig. 7.15 is P het onbekende punt van waaruit richtingen zijn waargenomen naar de 3 bekende punten A, B en M. Door de punten A en B en het onbekende punt P zij een cirkel getrokken, waarvan het snijpunt met de verbindingslijn PM het hulppunt H van Collins is. De ligging van H kan worden gevonden uit driehoek ABH, aangezien daarin bekend zijn de lengte en het azimuth van AB, terwijl hoek HAB gelijk is aan de gemeten hoek BPM en de buitenhoek van hoek ABH gelijk is aan de gemeten hoek APM. Hoek BPM wordt  $\alpha$  genoemd en hoek APM  $\beta$ . Door de bekende ligging van H en van M wordt nu het azimuth van HM = azimuth PM gevonden en hieruit kunnen de hoeken BHM =  $\gamma$  en AHM =  $\delta$  worden berekend. Door de berekening van deze laatste 2 hoeken is nu in driehoek ABP het punt P te berekenen, immers de hoek PAB =  $[\alpha + \delta - \beta]$ .

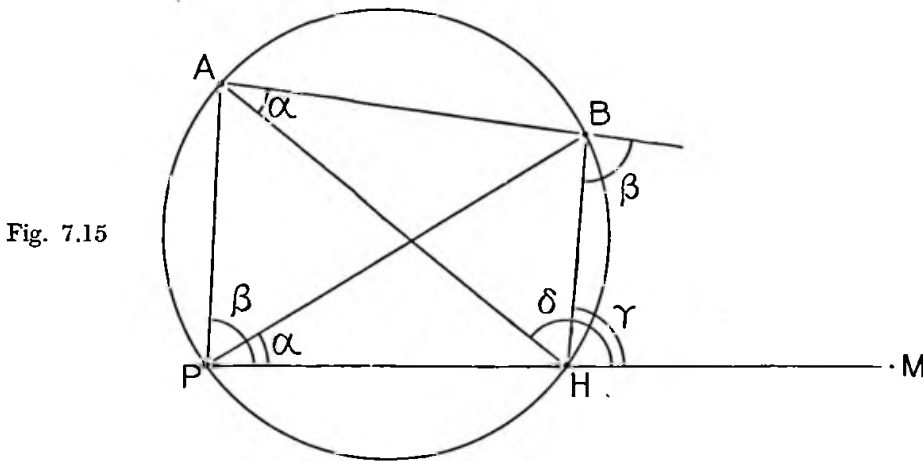


Fig. 7.15

Voor een uitgewerkt cijfervoorbeeld wordt verwezen naar de „Hydrografische becijferingen 1950”, uitgegeven door het Ministerie van Marine (niet in de handel verkrijgbaar). In dit boekwerk wordt ook een uitgewerkt voorbeeld gegeven voor een snelliusberekening in de geografische coördinaten, nadat eerst is overgegaan op mercatorprojectie.

De bepaling van het punt P wordt gunstiger naarmate de punten A, B en M zodanig worden gekozen, dat de afstand tussen de punten H en M zo groot mogelijk is, terwijl verder hoek APB moet naderen tot  $90^\circ$  en de afstanden van P tot A en B klein moeten zijn.

### 2. Berekening met de rekenmachine of met logarithmen. Methode Cassini

In fig. 7.16 is weer punt P het onbekende punt en de punten A, M en B de 3 bekende punten. We trekken nu de 2 omgeschreven cirkels om de driehoeken

PAM en PMB en trekken een hulplijn CD loodrecht op de gemeenschappelijke koorde PM. Daarna wordt C verbonden met A en M en D met M en B. Uit de figuur blijkt, dat CM een middellijn is van de cirkel om PAM en DM een middellijn van de cirkel om PMB. De hoeken  $APM = \alpha$  en  $MPB = \beta$  zijn gemeten en dus bekend. Driehoek CAM is dus rechthoekig in A, terwijl hoek C =  $\alpha$  en driehoek DMB is rechthoekig in B, terwijl hoek D =  $\beta$  is. Uit de bekende lengten en azimuths van de zijden AM en MB zijn nu dus de coördinaten van C en D te berekenen.

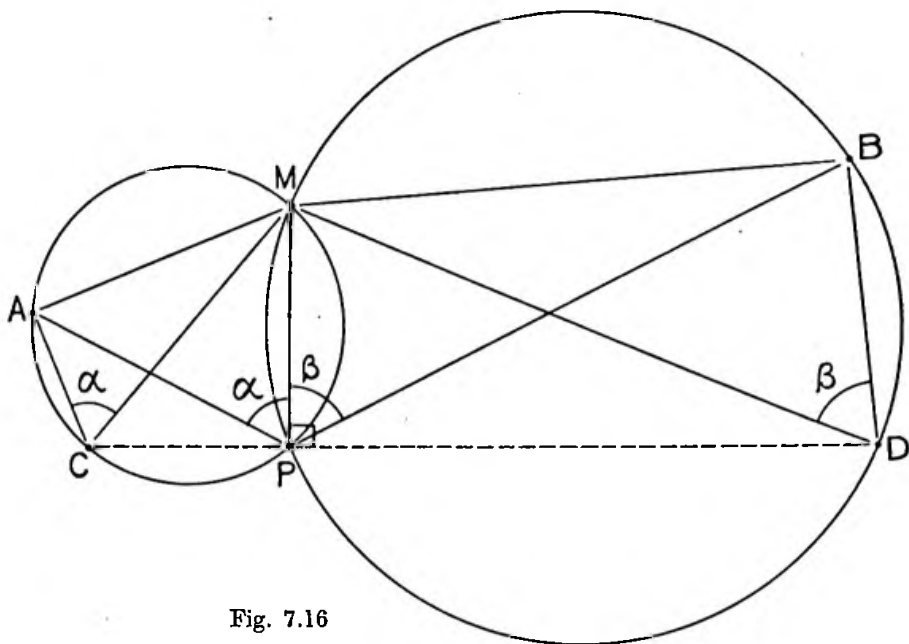


Fig. 7.16

Verder kan gemakkelijk worden afgeleid, dat

$$Y_C - Y_M = (X_M - X_P) \operatorname{tg} \operatorname{az}. CD - (X_P - X_C) \operatorname{cotg} \operatorname{az}. CD.$$

Stellen we hierin  $\operatorname{tg} \operatorname{az}. CD = n$ ,  $\operatorname{cotg} \operatorname{az}. CD = 1/n$  en  $n + 1/n = N$ , dan wordt dus gevonden:

$$Y_C - Y_M = n \cdot X_M - n \cdot X_P - 1/n \cdot X_P + 1/n \cdot X_C, \text{ waaruit volgt:}$$

$$X_P \cdot (n + 1/n) = n \cdot X_M + 1/n \cdot X_C + Y_M - Y_C, \text{ zodat dus:}$$

$$X_P = (n \cdot X_M + 1/n \cdot X_C + Y_M - Y_C) : N, \quad \text{terwijl op analoge wijze wordt gevonden:}$$

$$Y_P = (n \cdot Y_C + 1/n \cdot Y_M + X_M - X_C) : N, \quad \text{waarmede het vraagstuk is opgelost.}$$

Het verdient aanbeveling, de waarden van  $N$ ,  $n$  en  $1/n$  tot op 7 of 8 decimalen te berekenen. Het rekenschema heeft geen enkele inwendige controle, zodat dubbele becijfering altijd noodzakelijk is. Hoewel de methode Cassini ook met logaritmen kan worden opgelost, blijkt uit het formulesysteem wel, dat de rekenmachine altijd

de voorkeur zal hebben. Voor een uitgewerkt cijferschema wordt verwezen naar de „Hydrografische Becijferingen 1950”, deel I, uitgegeven door het Ministerie van Marine (niet in de handel verkrijgbaar), waarin een voorbeeld is gegeven van berekening in Nederland in het systeem van de stereografische projectie, zowel als een voorbeeld, waarin geografische coördinaten eerst zijn omgewerkt tot mercator-coördinaten.

### 3. Berekening met de rekenmachine. Methode der barycentrische coördinaten

De oplossing van het probleem van Snellius met behulp van de barycentrische coördinaten is een methode, welke werd ontwikkeld door wijlen Prof. J. M. Tienstra van de Technische Hogeschool te Delft. Deze methode munt uit door beknoptheid en een minimum aan cijferwerk en is bij uitstek geschikt voor berekening met de rekenmachine. De afleiding van de methode, welke vrij ingewikkeld is, zal hier niet worden gegeven, doch de belangstellende lezer wordt hiervoor verwezen naar het Tijdschrift voor Kadaster en Landmeetkunde, jaargang 1926, blz. 3 e.v.

De bekende punten mogen niet op een rechte lijn liggen, aangezien in dat geval de oplossing volgens deze methode onbepaald wordt. De mooiste onderlinge ligging voor de 3 bekende punten en het onbekende punt bij gebruik van deze methode is die, waarbij het onbekende punt ligt binnen de driehoek, gevormd door de 3 bekende punten. De methode kan echter ook worden gebruikt voor onbekende punten, welke buiten die driehoek liggen. Liggen de drie bekende punten op één rechte, dan moet de methode Cassini worden gebruikt. Het uitgewerkte cijfervoorbeeld in het boekwerk „Hydrografische Becijferingen 1950”, deel I, uitgegeven door het Ministerie van Marine (niet in de handel verkrijgbaar) geeft zeer duidelijk aan, hoe de berekening verloopt.

Nadat op de bovenomschreven wijze, met behulp van één der 3 gegeven rekenmethoden, uit drie bekende punten een voorlopige standplaats is berekend, kan worden overgegaan tot de vereffening van het gevonden punt, hetwelk resulteert in de definitieve coördinaten. Het is duidelijk, dat, wanneer drie andere punten uit de gemeten serie van b.v. 8 richtingen zouden zijn gebruikt voor de berekening van de voorlopige coördinaten, de voorlopige uitkomst een enigszins andere zou zijn geweest.

Daar uit de berekening van de voorlopige coördinaten eveneens de azimuths zijn gevonden van de 3 gebruikte richtingen, is het mogelijk, door toepassing van de gemeten hoeken, het azimuth te vinden van alle richtingen die voor de bepaling van het snelliuspunt zijn gebruikt. Eveneens is het mogelijk uit de voorlopige coördinaten en de coördinaten van de gegeven punten de azimuths te berekenen en over het algemeen zal dan worden gevonden, dat alleen de azimuths van de 3 richtingen, welke zijn gebruikt voor het berekenen van de voorlopige coördinaten, kloppen met de berekende. Alle andere zullen een kleiner of groter verschil geven tussen het geobserveerde- en het berekende azimuth. De vereffening bestaat nu hierin, dat een nieuw punt wordt gevonden in de nabijheid van het voorlopige, dat zodanig is gelegen, dat de som van de kwadraten van de verschillen tussen berekende en waargenomen azimuths, gerekend voor *alle* waarnemingen, een minimum is. Voor een uitgewerkte becijfering wordt verwezen naar het boekwerk: „Hydrografische Becijferingen 1950”, deel I, uitgegeven door het Ministerie van Marine (niet in de handel verkrijgbaar).

Indien een lodingbaken, dat niet dient om op verder te trianguleren, op snellius wordt vastgelegd, kan het vaak, ter voorkoming van rekenwerk, aanbeveling verdienen, het baken te construeren. Indien goed is gemeten, moeten alle bogen welke worden geconstrueerd, door één punt gaan. Men moet derhalve tenminste drie bogen construeren. Hierdoor wordt tevens contrôle verkregen op de juiste kaartering van de triangulatiebakens.

### 7.5.3 Punten op snijding

Bij de snelliusmeting is het noodzakelijk, dat men zich bevindt ter plaatse van het onbekende punt en van daaruit richtingen meet naar de bekende punten. Deze methode wordt ook wel eens „achterwaartse insnijding” genoemd.

Bij het leggen van punten op snijding worden de onbekende punten aangemeten vanuit een aantal bekende punten, zodat het niet nodig is, zich ter plaatse van het onbekende punt te bevinden. Dit kan bij moeilijk bereikbare punten wel eens voordeel bieden. Deze methode staat ook wel bekend onder de naam „plaatsbepaling door voorwaartse insnijding”.

Het minimum aantal bekende punten, van waaruit op een onbekend punt moet worden gericht, bedraagt 2. Zijn de beide bekende punten onderling zichtbaar, dan kan men volstaan met het meten van de beide basishoeken van de driehoek, gevormd door de 2 bekende punten en het onbekende punt. De onderlinge afstand en azimuth van de beide bekende punten is uit hun coördinaten te berekenen, zodat alle elementen van de driehoek gevonden kunnen worden. Dit probleem staat dan ook eigenlijk gelijk met plaatsbepaling, of beter „puntsbepaling” met behulp van een niet volgemeten driehoek (de tophoek wordt namelijk niet gemeten). Vereffening is in dit geval niet mogelijk, aangezien geen overtollige waarnemingen zijn verricht.

Zijn de beide bekende punten onderling onzichtbaar, dan kan het probleem alleen worden opgelost, indien in beide bekende punten een richting kan worden gemeten naar een ander bekend punt. Hierdoor kan het azimuth van de richting naar het onbekende punt worden berekend door toepassing van de gemeten hoek tussen het „oriënteringspunt” en het onbekende punt op het azimuth naar het oriënteringspunt. Het probleem komt dan neer op het zoeken van het snijpunt van 2 azimuthale richtingen uit 2 bekende punten. Zowel voor oplossing met de rekenmachine als met de logarhythm Tafel geeft het boekwerk „Hydrografische Bepalingen 1950”, uitgegeven door het Ministerie van Marine (niet in de handel) een zeer duidelijk voorbeeld, waarbij tevens in het kort de mathematische grondslag wordt aangegeven waarop de berekening berust. Deze is zó eenvoudig, dat zij hier niet behandeld zal worden.

Het probleem kan echter ook door constructie worden opgelost, hetgeen somtijds zal geschieden, indien een lodingbaken op snijding wordt gelegd, waarop niet verder doorgetrianguleerd zal worden. Mocht later de noodzaak van verder trianguleren op dit baken alsnog aan de dag treden, dan kan uit de beschikbare meetgegevens tot berekening van het baken worden overgegaan.

Is het aantal bekende punten, van waaruit op het onbekende baken is gericht, groter dan twee, dan is een aantal overtollige waarnemingen verricht. Vereffening wordt nu mogelijk en is, in geval van berekening van het baken, noodzakelijk. Voorlopige coördinaten voor het onbekende punt worden gevonden uit 2 waarnemingen, die een goede snijding geven. Uit deze voorlopige coördinaten en de coördinaten

van de overige bekende punten kunnen weer de azimuths worden berekend, terwijl uit de metingen zelf de gemeten azimuths volgen. De hierin aan de dag tredende tegenspraken worden door de vereffening op een dusdanige manier verkleind, dat hun invloed op het eindresultaat minimaal is. De theorie van deze vereffening zal hier niet worden behandeld, een uitgewerkt cijfervoorbeeld komt voor in „Hydrografische Bepijneringen 1950”, een niet in de handel zijnde uitgave van het Ministerie van Marine. Wordt het probleem constructief opgelost, dan zullen dus een aantal richtingen op het constructieblad elkaar in één punt dienen te snijden. Hierdoor wordt controle verkregen op de metingen, doch tevens op de juiste kaartering van de reeds bekende triangulatiepunten. De optredende tegenspraken in de kaartering (driehoekjes i. p. v. door één punt) mogen niet groter zijn dan de aangenomen tekennauwkeurigheid (0,2 millimeter).

Het voorwaarts insnijden van een scherpe bergtop kan somtijds dienen om twee opnemingen aan elkaar te verbinden en van meerdere dergelijke bergtoppen om tevens de basis van de ene opneming op de andere over te brengen. Zijn de afstanden tot het onbekende punt groot, dan wordt het azimuth tenminste vanuit één bekend punt gecontroleerd, dan wel verbeterd door een astronomische peiling. Bij overbrenging van een basis als hiervoor genoemd, moeten de plaatsen van de toppen zeker uit astronomische peilingen worden berekend.

#### 7.5.4 De veelhoeksmeting

De veelhoek, of polygoon, is een methode van verdichting van het puntennet, welke bij de hydrografische opneming wel bij de opneming van rivieren of nauwe zeestraten toegepast wordt. Deze methode leent zich ook uitstekend om langs een smal strand, met een ontoegankelijk achterland, op snelle en nauwkeurige wijze een aantal lodingbakens te bepalen. In deze paragraaf zal de eenvoudigste vorm van veelhoek, nl. de open polygoon, worden behandeld, welke met beide uiteinden wordt aangesloten aan een punt van de primaire triangulatie.

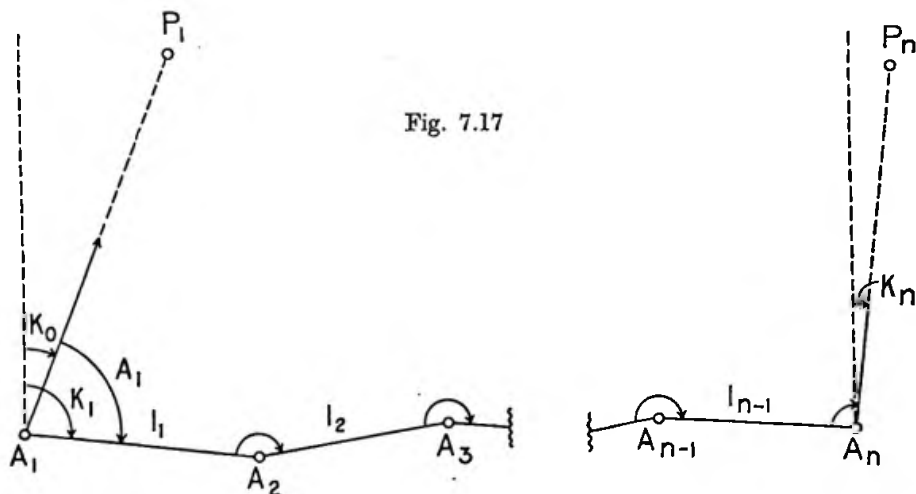
In wezen is de veelhoek een gebroken lijn, waarvan van alle lijnstukken de lengte wordt gemeten en de hoeken welke opeenvolgende lijnstukken met elkaar maken. Door uit te gaan van een bekend punt (een driehoekspunt van de triangulatie van hogere orde) kan nu, door bekendheid van azimuth en afstand, elk knikpunt van de gebroken lijn in coördinaten worden berekend. Indien het andere uiteinde van de polygoon eveneens identiek is met een triangulatiepunt, zullen de optredende sluitfouten volgens een hierna te geven procédé worden verdeeld over de gehele veelhoek.

Vooropgesteld zij dus, dat de beide uiteinden van de polygoon identiek zijn met bekende punten uit de reeds uitgevoerde triangulatie, terwijl tevens in deze eindpunten gericht moet kunnen worden op een ander bekend punt ter verkrijging van de azimuthale richting. Zo nodig kan voor dit bekende punt het andere eindpunt van de polygoon worden gekozen. Is vanuit het eindpunt geen enkel ander bekend punt zichtbaar, dan kan het azimuth door astronomische peiling worden bepaald.

In het hierna volgende voorbeeld wordt gewerkt met rechthoekige coördinaten. Voor Nederland kunnen hiervoor worden gebruikt de coördinaten van de stereografische projectie en voor geografische coördinaten kan worden overgegaan naar de rechthoekige coördinaten in het rekenvlak in de mercatorprojectie met behulp van de daarvoor in de „Hydrografische Tafels 1950” voorkomende tabel XV. Een



veelhoek, waarvan de beide eindpunten in coördinaten bekend zijn (dit behoeven niet persé triangulatiepunten te zijn, doch kunnen ook snelliuspunten zijn, welke door achterwaartse insijding uit de triangulatie volgen) en waarin in beide eindpunten gericht wordt op een ander bekend punt ter oriëntering en contrôle van de azimuthale richtingen, heet een *volledig aangesloten veelhoek*.



In fig. 7.17 zijn begin- en eindpunt van een polygoon aangegeven. De uiteinden, punten  $A_1$  en  $A_n$ , zijn bekende punten, van waaruit op de bekende punten  $P_1$  en  $P_n$  is gericht. Daar in een rechthoekig coördinatenstelsel de positieve  $Y$ -richting slechts in één bepaald punt samenvalt met de meridiaan, is het minder juist in een dergelijk coördinatenstelsel van „azimuth” te spreken, doch beter om de hoek met de positieve  $Y$ -richting de „kaarthoek” te noemen. Deze kaarthoek is in de figuur aangegeven met  $K$ . De gemeten hoeken zijn resp.  $A_1, A_2, \dots, A_{n-1}, A_n$ , in de figuur door boogjes aangegeven. De lijnstukken, waarvan de lengte gemeten is, zijn aangegeven met  $l_1, l_2, \dots, l_{n-1}$ . Het is duidelijk, dat in het platte vlak geldt:  $K_{A_1A_2} = K_{A_2A_1} \pm 180^\circ$ . In de figuur is  $K_{A_1A_2}$  aangegeven door  $K_1$ , terwijl voor het gemak  $K_{A_2A_1}$  aangegeven zal worden door  $K_2$ , zodat  $K_1 = K_2 \pm 180^\circ$ . Daar  $A_1, P_1, A_n$  en  $P_n$  bekende punten zijn, zijn  $K_0$  en  $K_n$  te berekenen.

Het is duidelijk, dat tussen de gemeten grootheden van een dergelijke veelhoek de volgende betrekkingen moeten bestaan:

$$K_0 + [A] - h \cdot 180^\circ = K_n + f_A \quad (7.5.4a)$$

$$\begin{cases} [l \cdot \sin K] = X_n - X_1 + f_X \\ [l \cdot \cos K] = Y_n - Y_1 + f_Y \end{cases} \quad (7.5.4b)$$

In form. (7.5.4a) staat, dat de kaarthoek van het aanvangspunt naar het bekende punt  $P_1$ , vermeerderd met de som van de gemeten hoeken en verminderd met een geheel aantal malen  $180^\circ$ , gelijk moet zijn aan de kaarthoek van het eindpunt naar het bekende punt  $P_n$ . In form. (7.5.4b) staat, dat de som van de projecties van alle lijnstukken op de  $X$ -as, resp.  $Y$ -as, gelijk moet zijn aan het verschil in

X-coördinaten, resp. Y-coördinaten van begin- en eindpunt. Aangezien aan deze betrekkingen, bij invulling van de gemeten hoeken  $A$ , c.q. de gemeten lengten  $l$ , nooit geheel precies voldaan zal zijn, zijn in bovengenoemde betrekkingen tevens de sluitfouten  $f_A$  voor de hoekmeting en de sluitfouten  $f_X$  en  $f_Y$  in X- en Y-richting opgenomen.

De grootte van  $f_A$  geeft dus een maat voor de nauwkeurigheid waarmee de hoekmeting is verricht. De grootten van  $f_X$  en  $f_Y$  zijn een maat voor de nauwkeurigheid in de lengtemeting, doch, daar in de betrekkingen (7.5.4b) ook de gemeten hoeken in de vorm van de kaarthoeken van de verschillende lijnstukken voorkomen, is de nauwkeurigheid in hoekmeting eveneens van invloed op de grootten van de sluitfouten in X- en Y-richting.

De berekening van de veelhoek wordt aangevangen met de berekening van de kaarthoeken  $K_0$  en  $K_n$ , waarna met behulp van form. (7.5.4a) de sluitfout in de hoeken wordt berekend. Deze sluitfout wordt gelijkelijk over alle gemeten hoeken verdeeld. Men werkt met gehele seconden en geeft, wanneer de sluitfout gedeeld door het aantal hoeken geen geheel getal oplevert, dié hoeken een 1 seconde grotere correctie, die kortere benen hebben dan de andere hoeken, i. v. m. de grotere invloed van een bepaalde centreerfout op het kortere been. Met deze verbeterde hoeken kunnen nu de kaarthoeken van alle lijnstukken worden berekend.

Met deze kaarthoeken en de gemeten lengten worden nu van alle veelhoeks zijden de waarden  $l \cdot \sin K$  en  $l \cdot \cos K$  berekend, hetgeen de sluitfouten in X- en Y-richting oplevert. Deze beide sluitfouten worden verdeeld door een correctie op de betrokken projecties der veelhoeks zijden. Deze correctie wordt evenredig aan de lengte van de betrokken zijde genomen, volgens de formule:

$$\text{correctie aan zijde } i \left\{ \begin{array}{l} \text{in X-richting} = \frac{l_i}{[l]} f_X \\ \text{in Y-richting} = \frac{l_i}{[l]} f_Y \end{array} \right.$$

Met de op deze wijze verbeterde grootten van de projecties worden vervolgens, door optelling berekend, uitgaande van punt  $A_1$ , de coördinaten van  $A_2$ ,  $A_3$  en zo doorgaande tot  $A_n$ . Aan het eind van de berekening moet men dan uitkomen op de reeds bekende coördinaten van  $A_n$ , hetgeen een controle op de berekening oplevert.

De lengtemeting kan met meetlint, met invar-basislat of poollat geschieden. De nauwkeurigheid hangt van de omstandigheden af. Aangeraden wordt een lengtemeting in centimeters nauwkeurig. De hoekmeting dient zo mogelijk met de theodoliet te geschieden. De hierboven gegeven wijze van vereffenen is een benaderde methode, welke alleen dan geheel juist is, wanneer de veelhoek geheel gestrekt is en bestaat uit lijnstukken welke alle even lang zijn. Naar een dergelijke veelhoeks vorm dient derhalve altijd te worden gestreefd. De lengten van de polygoonzijden zullen afhangen van de mogelijkheden, welke het terrein biedt en van de eisen welke aan de punten-dichtheid worden gesteld.

Voor het bepalen van de lengten der polygoonzijden met behulp van horizontale poollatten (sex tometer rod) en de hierop toe te passen correcties wordt verwezen naar „Hydrographie Manual”, Special publication no. 143; U.S. Coast and Geodetic Survey, 1942.

Bij de Nederlandse hydrografie gebruikt men meestal verticale poollatten van 10 m lengte, waarvoor men op de in genoemde publicatie aangegeven wijze een correctietabel kan samenstellen.

### 7.5.5 Drijfbakens

Indien ondiepten van grote uitgestrektheid moeten worden opgenomen, terwijl zicht van de wal niet mogelijk is, dan kan een voor het doel bruikbare triangulatie worden opgebouwd m. b. v. drijfbakens. Een dergelijke drijfbakentriangulatie kan op 2 manieren worden opgezet.

In de eerste plaats kan men haar aanvangen binnen zichtafstand van het land en haar derhalve vastleggen op de aldaar aanwezige triangulatie. Dit is de eenvoudigste methode, aangezien men dan verder werkt op de schaal van de wal-triangulatie. Het nadeel van deze wijze van opbouwen van een drijfbakentriangulatie is haar beperkte bruikbaarheid. Indien nl. de triangulatie moet worden aangevangen op 40 of meer zeemijlen uit de kust, moet veel kostbare tijd en materiaal worden besteed aan de „overbruggingstriangulatie” vanaf de wal naar het punt waar men de triangulatie gaat benutten voor plaatsbepaling. Daarbij kan het voorkomen, dat de te beloden ondiepte van de wal is gescheiden door een tamelijk brede en zeer diepe geul, waarin het onmogelijk is om drijfbakens te verankeren.

In dergelijke gevallen moet gebruik worden gemaakt van de andere mogelijkheid, nl. het opzetten van een geheel los van de wal zijnde drijfbakentriangulatie. Dit houdt in, dat een basis moet worden gemeten, een astronomische peiling moet worden genomen en een astronomische plaats moet worden bepaald. Deze bepaling van de schaal en de oriëntering zijn op volle zee niet onmogelijk, doch vergen enige tijd, en in voorkomende gevallen zal moeten worden nagegaan aan welke methode de voorkeur moet worden gegeven.

De drijfbakens worden gelegd op een onderlinge afstand van 7 tot 10 zeemijlen, of zoveel meer als de bijzondere constructie en daarmee samenhangende betere zichtbaarheid van de bakens toelaat. Met weinig moeite kunnen alle driehoeken de meest gunstige, dat is de gelijkzijdige vorm krijgen. In verband met de bergingsmogelijkheden aan boord van opnemingsvaartuigen zullen zelden meer dan 12 tot 15 drijfbakens tegelijk uitliggen. Dit houdt in, dat de triangulatie vóór het lodingwerk uit wordt opgebouwd en achter het lodingwerk aan wordt afgebroken. Dit stelt bijzondere eisen aan foutloos meten, cijferen en kaarteren van de bakens. Na enige tijd is controle van reeds verricht werk onmogelijk geworden.

In het bijzonder moet worden gewaakt tegen verdrijven van één of meer bakens tijdens zware buien. De verankering moet hiertegen zo goed mogelijk bestand gemaakt zijn. Controle op de juiste ligging kan geschieden door een tocht met het schip door het getrianguleerde gebied en het meten van de hoeken tussen de bakens vanaf het schip. Toepassing van een buitenbaakscorrectie, waarvoor de gegevens kunnen worden gevonden met sextant en afstandmeter, is dan gewenst. Dit is een vrij tijdrovende methode. Men kan ook steekproeven nemen door nabij één van de bakens 's avonds ten anker te gaan en aldaar een eenvoudige astronomische peiling op alle zichtbare bakens te nemen en dit de volgende morgen te herhalen (berekening tot in 0,1"). Deze laatste methode werd in 1937 bij de heropneming van de Bank van Malatajur toegepast.

De hoekmeting geschiedt uiteraard met de sextant en kan vanaf het schip geschieden, dat naast een baken gestopt ligt. Buitenbaakscorrecties moeten dan

zorgvuldig worden bepaald. Beter is, met de sloep naar het baken toe te gaan en vandaar uit centrisch te meten. Het is duidelijk, dat de nauwkeurigheid in hoekmeting niet groot kan zijn ten gevolge van de spreid van de ankerkettingen van de bakens. De enkele driehoeksketting is de smalste strook, waarover voortgetrianguleerd kan worden. Azimuth-contrôle door astronomische peilingen is dan voortdurend nodig.

Indien een geheel los van de wal staande drijfbakentriangulatie moet worden opgezet, moeten begin- en eindpunt door astronomische plaatsbepaling worden vastgelegd. Dit komt dus in wezen neer op een aansluiting van de triangulatie aan 2 astronomische punten. Dat is in dit geval geen bezwaar, aangezien de methode van trianguleren aanzienlijk minder nauwkeurig is dan aan de wal, zodat de in zichzelf vrij onnauwkeurige astronomische plaats wel degelijk gebruikt kan worden ter verbetering van de triangulatie. Het aantal sterren dat bij voorkeur in de schemering geobserveerd moet worden, zal afhangen van de vereiste nauwkeurigheid, doch een voldoende nauwkeurigheid met deze methode zal worden bereikt bij observatie van een stersprogramma van 4 tot 8 sterren, welke gelijkelijk over de horizon zijn verdeeld en bij ongeveer gelijke hoogte boven de kim zijn waargenomen. Iedere ster moet daarbij tenminste 2 maal, doch liefst 4 maal worden gestopt, dan wel door minstens 2 doch liefst 4 waarnemers gelijktijdig worden geobserveerd. Voor de berekening kan worden gebruik gemaakt van één gemiddelde hoogte en één (gemiddelde) aanwijzing chronometer voor iedere ster, indien men van te voren heeft nagegaan dat er geen „uitbijters” bij de waarnemingen welke worden gemiddeld, zijn binnengeslopen.

Aan het begin en einde van een dergelijke triangulatie wordt eveneens de schaal bepaald en gecontroleerd door basismeting, hetgeen geschiedt door taut-wire measuring, dus door meting met behulp van de spandraad inrichting (zie par. 2.4 en 5.5.7). Hiermee kan zeer snel en betrekkelijk nauwkeurig een afstand op zee worden gemeten, zodat in voorkomende gevallen niet moet worden geschroomd om ook tussentijds de schaal te controleren, indien er aanwijzingen zijn welke twijfel aan de juistheid van de schaal wettigen.

Behalve aan het begin en aan het einde van de triangulatie moet ook zeer geregeld tussentijds het azimuth worden bepaald en gecontroleerd door astronomische peilingen. Dergelijke astronomische peilingen moeten natuurlijk met de sextant worden verricht en zullen een nauwkeurigheid hebben van ongeveer 1'. Dit is in verband met de beweeglijkheid van de drijfbakens meer dan voldoende.

Ook bij een drijfbakentriangulatie, welke aan de wal vastzit, is het noodzakelijk, na enige afstand te hebben getrianguleerd, de azimuths te gaan verbeteren door astronomische peilingen en de schaalcontrôle door spandraadmetingen zo nodig te verrichten. In ieder geval moet het triangulatiepunt, dat het verst van het land verwijderd ligt, astronomisch in lengte en breedte worden bepaald en in die buurt eveneens de schaal gecontroleerd worden.

### 7.5.6 Zwevende richtpunten

De methode van trianguleren met zwevende richtpunten, ook wel genoemd „flare-triangulation”, hoort slechts ten dele in dit hoofdstuk, dat de verdichting van het puntennet behandelt, thuis. In de allereerste plaats is de flare-triangulation van belang voor het overbrengen van alle gegevens van een triangulatie van het ene landgedeelte, over een strook zee naar het andere landgedeelte, of voor het leggen van een verbinding tussen 2 bestaande triangulaties welke door een brede

strook water zijn gescheiden. Maar daarnaast is het zeer wel mogelijk, deze methode te gebruiken voor uitbreiding van het puntnet over moeilijk toegankelijke gebieden, om welke reden deze paragraaf in dit hoofdstuk is ondergebracht.

In 1945 werd door medewerking van de R.A.F. de verbinding tot stand gebracht tussen de triangulaties van Denemarken en Noorwegen, waarbij het 120 zeemijlen brede Skagerrak werd overbrugd. In principe bestond de methode uit het uitwerpen van parachute-flares van grote lichtsterkte boven het Skagerrak, van welke flares de coördinaten werden bepaald in de Deense triangulatie, door vanuit Denemarken uit drie bekende punten de richtingen naar elke flare gelijktijdig te meten. Gelijktijdig hiermede werden ook vanuit drie bekende Noorse punten de richtingen naar de flares gemeten en hieruit de coördinaten bepaald in de Noorse triangulatie. Deze verbinding werd gebruikt in de aansluiting en vereffening van de gezamenlijke triangulatiennetten van West-Europa.

Het zwakke punt van deze methode was tot voor kort het gelijktijdig meten in de 6 waarnemingsstations. Deze moeilijkheid is grotendeels ondervangen met de invoering van de theodoliet met fotografische registrering, welke registratie door radiotijdseinen geactiveerd kan worden. Hierdoor kan men met volkomen gelijktijdig verrichte waarnemingen werken, hetgeen de nauwkeurigheid van de methode zeer ten goede is gekomen.

Hoewel flare-triangulation bij een hydrografische opneming zelden of nooit mogelijk zal zijn, kan van het principe in bepaalde omstandigheden mogelijk met vrucht gebruikt gemaakt worden door opnemingsvaartuigen, die uitgerust zijn met een kanon van 7,5 cm. De flares kunnen dan vervangen worden door lichtgranaten, welke weliswaar een kortere brandtijd hebben dan parachute-flares, doch die op aanzienlijk eenvoudiger wijze op een bepaalde plaats tot ontsteking gebracht kunnen worden. Beschikt men niet over een dergelijk kanon, dan kan men de hulp inroepen van een ander marinevaartuig, dat wel in staat is lichtgranaten af te vuren.

Het behoeft niet onmogelijk te zijn, dat in ontoegankelijke gebieden van de methode met zwevende richtpunten gebruik wordt gemaakt, en dat met name een drielicht lichtgranaten, op van te voren bepaalde plaatsen tot ontsteking gebracht, kunnen dienen als de drie bekende punten waarop door snelliusmeting een aantal onbekende punten wordt vastgelegd. Teneinde de nauwkeurigheid te verhogen, kunnen op iedere plaats meerdere lichtgranaten worden ontstoken.

Het gelijktijdig waarnemen geschiedt door gebruik te maken van radiotelefonie, waarmee alle waarnemers uitgerust moeten zijn. Theodolieten met fotografische registratie behoren voorshands nog niet tot de normale uitrusting van een opnemingsvaartuig. Daarbij is een aanzienlijk aantal theodolieten benodigd, hetgeen ook bijzondere voorzieningen voor een normaal uitgerust opnemingsvaartuig nodig maakt. Doch deze voorziening is vrij eenvoudig te treffen, indien men van te voren weet, dat tot deze methode de toevlucht genomen zal moeten worden. Voor verdere bijzonderheden wordt verwezen naar: „Calculation of the flare triangulation 1945 between Denmark and Norway” door O. Simonsen, uitgegeven door Bianco Lunos Bogtrykkeri, København 1951.

### 7.5.7 Hoek met astronomische peiling

Zijn slechts twee reeds bekende bakens te zien en wil men daarop een punt vastleggen, zonder uit die bakens te meten, dan kan men dit doen door uit het

onbekende punt de hoek tussen die bakens te meten en tevens een astronomische peiling te nemen op één der bekende punten. Hierdoor is de oplossing van het probleem teruggebracht tot dat van de voorwaartse insnijding, aangezien nu van beide richtingen de azimuths bekend zijn, zodat het nog slechts nodig is het snijpunt te bepalen van deze beide azimuthale richtingen, uitgaande van twee bekende punten. Zie hiervoor ook par. 7.5.3.

De constructie geschiedt eenvoudig, door het construeren van de cirkelboog, behorende bij de gemeten hoek en het snijpunt daarvan met de astronomisch bepaalde azimuthale richting uit één van de bakens. Ook de tweede azimuthale richting wordt afgezet ter contrôle van de tekennauwkeurigheid.

Deze methode van verdichting van het net kan in een triangulatie somtijds met voordeel worden gebruikt om meer dan één baken vast te leggen op een zelfde paar hoge, gunstig gelegen driehoekspunten. Daarvoor is vooral gunstig, als men evenwijdig aan de algemene strekking van de kust twee hoge bakens of goed kenbare punten met grote onderlinge afstand heeft bepaald.

### 7.5.8 Azimuth en afstand

Somtijds kan de triangulatie van een niet te groot eiland verricht worden door uit een centraal punt, waarvan de ligging bekend is en dat een bepaalde, voldoende grote hoogte heeft, een astronomische peiling op de aan of nabij de kust staande bakens te nemen, gepaard met meting der zenithafstanden (of de hoeken onder de horizon) waaronder die bakens te zien zijn. Op grondslag van de hoogte van het centrale punt als basis kunnen met hoeken, gelijk aan de zenithafstanden, verminderd met  $90^\circ$ , de horizontale afstanden tot de bakens berekend worden en met de bekende afstanden en richtingen tot het centrale punt, hun plaatsen. Wordt van één der bakens niet het voetpunt gemeten, of ligt dit boven het vlak ten opzichte waarvan de hoogte van het centrale punt geldt, dan gebruikt men als basis het hoogteverschil tussen het centrale punt en het aangemeten punt.

Bij drijfbakentriangulatie zal van de azimuth-afstand methode met vrucht gebruik gemaakt kunnen worden door de richting te bepalen met een astronomische peiling en de afstand uit radarwaarnemingen af te leiden. Het gebruik van radar-richtingen moet in verband met hun mindere betrouwbaarheid voorlopig worden ontraden. Zo nodig wordt het betrokken baken van een geïmproviseerde radar-reflector voorzien. Voor verdere details wordt verwezen naar hoofdstuk XII.

### 7.5.9 Astronomische lengte of -breedte met astronomische peiling

Is in een bepaald geval slechts één bekend punt van de triangulatie zichtbaar, dan kan het onbekende punt worden bepaald door een astronomische lengte- of breedtebepaling te verbinden met een astronomische peiling vanuit of op het bekende punt. Of een lengte- of breedtebepaling plaats moet hebben hangt af van de azimuthale richting, waaronder het bekende punt wordt gezien. Men dient er altijd voor te zorgen, dat de hoek, waaronder de azimuthale richting de standlijn snijdt, groter is dan  $45^\circ$  en kleiner dan  $135^\circ$ .

Van het vroeger bestaande verschil in nauwkeurigheid bij lengte- en bij breedtebepaling is, door de grote frequentie waarmee tegenwoordig precisietijdseinen worden uitgezonden, weinig meer te bespeuren. Men kan wel aannemen, dat een astronomische

lengtebepaling dezelfde nauwkeurigheid heeft als een astronomische breedtebepaling, mits men de lengtebepaling onmiddellijk vooraf doet gaan en doet volgen door een standbepaling van de chronometer op een noniustijdsein en zowel bij de standbepaling als bij de observaties gebruik maakt van een chronograaf.

Schietloodafwijkingen beïnvloeden het resultaat ongunstig, vooral indien de astronomische plaatsbepaling, waarop de oriëntering van de triangulatie rust, voor schietloodafwijking is gecorrigeerd. In dat geval moet ook de op bovengenoemde wijze vastgelegde plaats voor een dergelijke afwijking verbeterd worden. Is de triangulatie niet voor schietloodafwijking verbeterd, dan zal de invloed ervan op een plaats, welke is vastgelegd door een astronomisch bepaalde lengte of -breedte, gecombineerd met een astronomische peiling, kleiner zijn, doch niet geheel verdwijnen. Dat laatste is een gevolg van twee omstandigheden. In de eerste plaats zal de schietloodafwijking op de twee verschillende punten waar astronomisch is waargenomen niet gelijk zijn en in de tweede plaats komt in een astronomisch bepaalde plaats het gehele bedrag van de schietloodafwijking als fout en in een plaats waarvan alleen de lengte of alleen de breedte astronomisch is bepaald, slechts de ontbondene in Oost-West-richting of de ontbondene in Noord-Zuid-richting. Indien het hoogteverschil tussen het bekende en het onbekende punt niet groot is, zal de invloed van de schietloodafwijking op de astronomische peiling klein zijn.

Een en ander stempelt deze methode van verdichting van het puntennet tot de minder bruikbare. Zo mogelijk vermijde men situaties waarin men gedwongen zou worden er gebruik van te maken. Voor het vastleggen van een eenvoudig lodingsbaken is deze methode wel zeer omslachtig en tijdrovend, doch aan het eind van het terrein gekomen kunnen er zich gevallen voordoen, waarin men van deze methode gebruik moet maken. Ook bij het aansluiting zoeken van eigen triangulatie aan een naburige kan deze methode haar nut hebben, doch de leider ener opneming zij zich bewust van de fouten, welke deze manier van aansluiten in zich kan bergen. Men beschouwe deze methode echter meer als aanvulling op de gegevens ten dienste van latere berekeningen op het Bureau Hydrografie, dan als feitelijke grondslag ten behoeve van de kaartering.

## VIII. CONSTRUCTIEBLAD

### 8.1 Projecties

Het constructieblad dient om de uit berekening en op andere wijze bij het opnemingswerk verzamelde gegevens op schaal door hydrografische constructie grafisch te verwerken. Hierdoor worden aan het constructieblad hogere eisen gesteld dan aan die van de kaart, waarop plaatsbepaling door kaartpassen geschiedt. Toelaatbare kaartvervormingen, tengevolge van de aanvaarde kaartprojectie, moeten voor het constructieblad binnen engere grenzen dan die van de kaart genomen worden. In de praktijk wordt hieraan voldaan door de grote schalen (zelden kleiner dan 1 : 100 000) waarop gewerkt wordt en door de beperkte afmetingen van het constructieblad waardoor vanzelf het breedteverschil tussen de Zuidelijkste en Noordelijkste parallel betrekkelijk gering is.

De projectie, welke voor het constructieblad gebruikt moet worden, moet dezelfde zijn als door de Nederlandse Hydrografie voor de kaarten is vastgesteld. Uit een groot aantal bestaande projectiemethoden is de volgende keuze gedaan:

a. Voor Nederland de stereografische projectie met uitzondering van kaart No. 226 „IJmuiden tot de Weser” en kaart No. 227 „Noordhinder tot Kijkduin”, beide op schaal 1 : 250 000, welke in de mercatorprojectie zijn uitgevoerd.

b. Voor Suriname en de Ned. Antillen, Nederlands Nieuw Guinee en Indonesië, sinds lang de cilinder projectie met equidistante middenparallel en meridianen of rechthoekige platkaart.

In verband met de nauwkeurigheidseisen, welke in de toekomst aan zeekaarten zullen worden gesteld, wordt de rechthoekige platkaart-projectie geleidelijk vervangen door de mercatorprojectie, welke kleinere vervormingen waarborgt. Bij revisie opnemingen moet men hiermede rekening houden, hetgeen echter de hydrografische opnemer geen moeilijkheden zal veroorzaken.

Voor een nadere beschrijving van bovengenoemde kaartprojecties, in het bijzonder voor hydrografische doeleinden, wordt verwezen naar „Kaartprojecties beschouwd uit een hydrografisch oogpunt”, uitgegeven in 1950 door de Afdeling Hydrografie van het Ministerie van Marine.

### 8.2 Trekken van het net

#### 8.2.1 Constructie net rechthoekige platkaart

Bij het opzetten van het constructieblad wordt begonnen met het trekken van het net, waarvan de projectie zoals gezegd dezelfde moet zijn als die welke voor de kaart is vastgesteld.

De afmetingen van het blad worden bepaald naar de ligging der te bezigen triangulatiepunten. Het net van parallellen en meridianen volgens de projectie der rechthoekige platkaart<sup>1)</sup> wordt als volgt getrokken:

<sup>1)</sup> Hoewel deze projectie bij revisie opnemingen niet meer toegepast zal worden, wordt zij hier wel beschreven, aangezien het raadplegen van oude werkbladen met netten volgens de projectie der rechthoekige platkaart nog veelvuldig zal voorkomen.



Indien  $a$  het aantal minuten lengteverschil is tussen de Westelijkste en Oostelijkste meridiaan van het constructieblad, en  $b$  het breedteverschil tussen de Zuidelijkste en Noordelijkste parallel, en de schaal van het blad  $s$ , dan is de breedte van het constructieblad  $\frac{a \cdot p}{s}$  en de hoogte:  $\frac{b \cdot m}{s}$ , in welke formules  $p$  en  $m$  de lengten in meters zijn van één minuut respectievelijk van de parallel en van de meridiaan op de middelbreedte; men vindt deze gegevens in Tafel XIII van de Hydrografische Tafels uitgave 1950. Men vangt aan met op het vel tekenpapier ongeveer in het midden een zo zuiver mogelijk rechthoekig kruis te trekken, in inkt (in potlood als het kruis niet als par. en mer. op het blad gebruikt zal worden), en zet met twee stangpassers vanuit het kruispunt naar onder en boven  $\frac{b \cdot m}{2s}$  en naar rechts en links  $\frac{a \cdot p}{2s}$  af. Daarna zet men met de stangpassers deze afstanden, welke oorspronkelijk van de verdeelde liniaal zijn afgenomen, af uit  $h$  en  $d$ , en uit  $b$  en  $f$ ; de snijpunten der bogen worden fijn aangeprikt en de grensmeridianen en parallellen  $ag$  en  $ce$ , en  $ac$  en  $ge$  (ieder door drie punten) getrokken. Dit kader wordt nu onderverdeeld in rechthoeken van één, twee of vier lengte- en breedteminuten al naar gelang de schaal van het blad. Teneinde het kader niet te beschadigen door veel passerprikken, wordt veelal een buitenkader getrokken. Nadat alle meridianen en parallellen getrokken zijn, in inkt (nooit eerst deze lijnen in potlood trekken), wordt het net gecontroleerd:

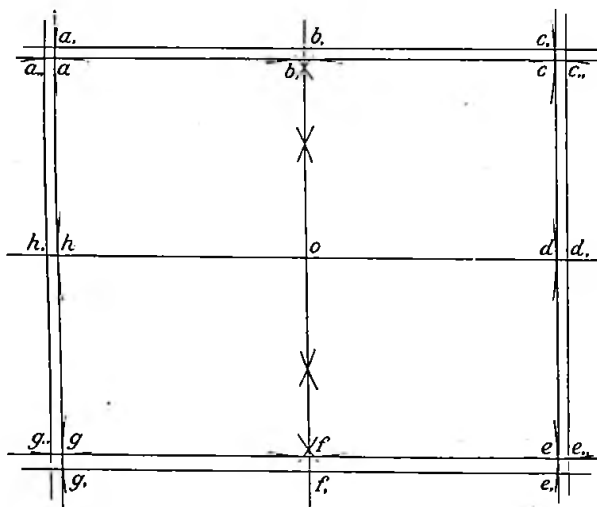


Fig. 8.1

1. door de hoogte en breedte van het net met de verdeelde liniaal na te meten. In de practijk blijkt dat een fout van 0,2 mm als maximum toelaatbaar geacht kan worden. Een nauwkeurigheid van slechts 0,1 mm is zeer wel mogelijk. Het controleren dient dadelijk na afloop te geschieden, opdat mogelijk krimpen of rekken van het blad hierbij buiten invloed blijven.

2. door de deugdelijk bevonden liniaal diagonaalsgewijs langs de hoekpunten der rechthoeken te leggen ter onderzoek of deze zuiver op een rechte lijn liggen.

3. door het voortwandelen met de passer langs de verdelingen, waardoor een mogelijke onnauwkeurigheid wordt vergroot en dus ontdekt.

Het net moet op de bladen in rode inkt (welke dun is en gemakkelijk trekt) getrokken worden. Bij de meridianen en parallellen worden lengte en breedte met zwarte inkt bijgeschreven. Voor de verdere gegevens van het blad zie par. 8.12.

Een andere wijze om een net te trekken is als volgt:

Men zet met potlood een kruis diagonaalsgewijs van hoekpunt tot hoekpunt op het blad. Vanaf het kruispunt M cirkelt men met de stangpasser met een doelmatige opening naar de vier hoekpunten gelijke afstanden op de diagonalen af. De snijpunten a, b, c en d van deze cirkelboogjes met de diagonalen worden aangegeven door een passerprik en moeten zo mogelijk buiten het te trekken net vallen.

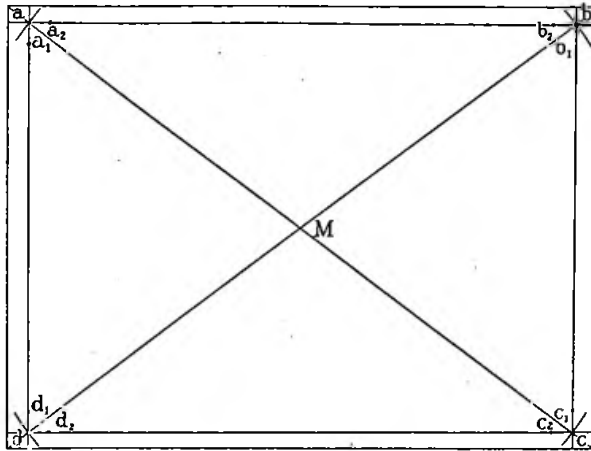


Fig. 8.2

Deze punten worden d.m.v. potloodlijnen, welke tot de rand van het blad worden doorgetrokken, verbonden. Deze lijnen staan twee aan twee loodrecht op elkaar.

Vervolgens zet men met een haarpasser vanaf de hoekpunten a en b langs de lijnen van de getrokken rechthoek gelijke stukken  $aa_1$  en  $bb_1$  zodanig af, dat de verbindingslijn  $a_1b_1$ , welke één zijde van het net vormt, op de gewenste afstand van de rand van het blad afvalt. Op overeenkomstige wijze handelt men voor de punten  $a_2$  en  $d_2$ .

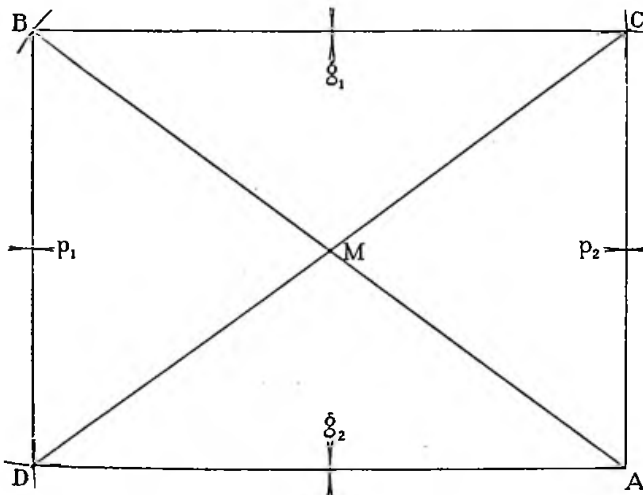


Fig. 8.3

Daarna past men met de verdeelde liniaal vanaf deze punten langs de (potlood) rechthoekszijden de gewenste afmetingen af en verkrijgt alsdan de punten  $b_2$ ,  $c_2$ ,  $c_1$  en  $d_1$ , welke met een passerprik worden aangegeven. Vervolgens trekt men de rechthoekszijden door de punten  $a_1$ ,  $b_1$ ,  $b_2$ ,  $c_2$  enz., direct in inkt. De aldus verkregen omtrek van het net wordt langs de inktlijnen van hoekpunt tot hoekpunt op de juiste afmetingen gecontroleerd.

Blijkt zulks goed te zijn, dan kan met wandelen langs de potloodlijnen aangevangen worden.

Een derde wijze om een net te trekken is om, behalve de afmetingen van de hoogte en de breedte van het net, ook de diagonaal te berekenen.

De constructie is dan als volgt:

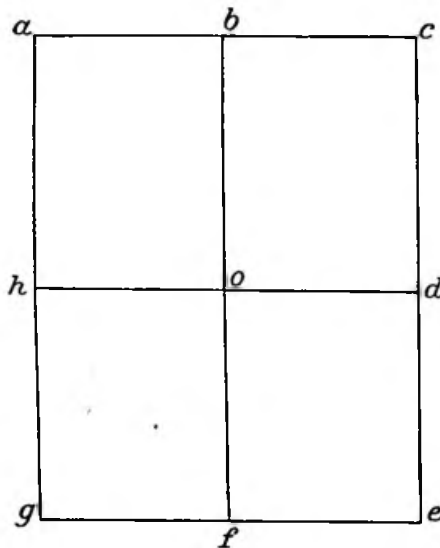
Neem de genoemde afstanden tussen drie stangpassers. Besteed veel zorg (met behulp van een loupe) bij het zien of de afmetingen juist zijn. Vanuit een aangenomen punt A wordt de diagonaal AB getrokken in de juiste azimuthale richting t.o.v. de hoogte van het blad. Door omcirkeling vanuit A met de afstand AB wordt B gevonden. Door omcirkeling vanuit A en B met de hoogte- en breedteafmetingen worden de punten C en D gevonden. De afstand CD moet overeenkomen met de diagonaal lengte. Vervolgens kan de omtrek van het net getrokken worden.

Neem vervolgens de halve hoogten en halve breedten van het net tussen twee stangpassers en construeer van uit de 4 hoekpunten de bogen  $p_1$ ,  $p_2$ ,  $g_1$  en  $g_2$ . De verbindingslijnen van de snijpunten dezer bogen met de zijden van het net moeten precies door het snijpunt der diagonalen M gaan. Indien dit niet het geval is, moet de constructie opnieuw gedaan worden. Deze methode van constructie is o.a. beschreven in Admiralty Manual of Hydrographic Surveying, New Edition 1948.

De eerstbeschreven methode is algemeen in gebruik op de Nederlandse opnemingsvaartuigen.

De voornaamste eis is dat het net zeer zuiver getrokken wordt om eindeloze moeilijkheden met het afzetten van punten te voorkomen. Men moet stangpassers

tevorens goed controleren, potloden (8H) van scherpe beitelpunten voorzien, en de lijnen langs de liniaal met zorg door de aangeprikte punten, welke zuiver in één lijn moeten liggen, trekken.



$$oh = od$$

$$ob > of \text{ (opNBr)}$$

Fig. 8.4

### 8.2.2 Constructie net mercator kaart

Wanneer de constructie van het net van een rechthoekige platkaart, beschreven in par. 8.2.1, bekend is, biedt het construeren van een net volgens de mercator projectie geen moeilijkheden meer.

Het enige verschil met de platte kaart is, dat de meridiaanminuten niet alle even groot zijn.

Voor het berekenen van de afmetingen van het mercatornet en de liggingen der parallellen wordt verwezen naar „Kaart-projecties beschouwd uit een hydrografisch oogpunt”, uitgave 1950, hoofdstuk IX. Voor het construeren van de omtrek van dit net volgens de in par. 8.2.1 beschreven wijze moet men van 3 stangpassers gebruik

maken, aangezien de afstanden van de middelbreedte tot de Noordelijkste en Zuidelijkste parallel (zie fig. 8.4) niet gelijk zijn zoals bij de platte kaart.

De liggingen van de te trekken parallelminuten moeten berekend worden en afzonderlijk afgezet worden op de bladhoogte.

De onderlinge afstand tussen de meridianen wordt gevonden door evenredige verdeling van de halve bladlengte.

### 8.2.3 Constructie stereografisch net

Voor de opnemingen in Nederland wordt de stereografische projectie gebruikt waarvan de algemene eigenschappen zijn vermeld in „Kaartprojecties beschouwd uit een hydrografisch oogpunt”, uitgave 1950. De netgrenzen voor het constructieblad worden uitgedrukt in rechthoekige coördinaten t.o.v. de „Onze Lieve Vrouwetoren” van Amersfoort, volgens de gegevens van de „Verzamelstaten van Kenbare Punten met hunne coördinaten t.d.v. de opneming der Nederlandse Zeegaten”.

Op het tekenpapier, of op het plastic (in hoge mate rek- en krimpvrij) wordt een vierkantennet getekend. Aan boord geschiedt dit met een verdeelde liniaal, doch op het Bureau Hydrografie m.b.v. de coördinatograaf. Alle snijpunten van parallellen en meridianen, benevens de lodingpunten, uitgedrukt in x en y coördinaten, worden met de coördinatograaf, beschreven in par. 2.41, „geprikt” en vervolgens in inkt gezet. Door deze werkwijze vervallen het gebruik van stangpassers en de constructie van een middenkruis op het blad.

Zijn de hoekpunten van de vierkanten van het net met intervallen van 5 cm aangegeven, dan zijn de afstanden, door een zijde van een dergelijk vierkant aangegeven, voor een schaal 1 : 50 000:  $0,05 \times 50\,000 \times 1 \text{ meter} = 2500 \text{ meter}$ .

Om ondiepten, wrakken enz. in geografische coördinaten te kunnen opgeven, dus t.o.v. het net van de kaart, wordt over het werkblad ook een geografisch net getrokken.

De genoemde „Verzamelstaten” geven de geografische coördinaten van de snijpunten van de gewenste parallellen en meridianen in rechthoekige coördinaten, teneinde deze op het vierkantennet te kunnen construeren.

Na constructie van deze punten in het werkblad (meestal met 4' opklimmend) kunnen de meridianen en parallellen als gebroken lijnen worden getekend. Ook het construeren van laatstgenoemde snijpunten kan belangrijk vereenvoudigd worden door gebruik van de coördinatograaf.

Reeds werd in par. 8.1 sub a vermeld, dat alle Nederlandse kustkaarten berusten op de stereografische projectie met uitzondering van de kaarten nos. 226 en 227, welke in de mercator projectie zijn uitgevoerd.

### 8.3 Afzetten van punten

Punten waarvan de breedte en lengte bekend zijn, worden op het constructieblad met de proportieliniaal, ook kortweg „tang” genoemd, afgezet. Dit instrument is beschreven in par. 2.35.

Men neemt de afstand tussen twee parallellen tussen de passer en opent de tang tot deze afstand ligt tussen de punten 120, 240, 300 al naar mate de parallellen getrokken zijn om de 2, 4 of 5 minuten.

Ieder punt van de verdeling van de tang is dan 1 seconde en het aantal seconden dat de breedte van het punt bedraagt, wordt bij de gelijkkluidende punten van de tang afgenomen en aangepast vanaf de onderste parallel, daarna het complement vanaf de bovengelegen parallel. Zijn b.v. op een constructieblad de parallellen 3° 12', 3° 16', 3° 20' en de meridianen 110° 10', 110° 14', 110° 18' getrokken en is het berekende punt: 3° 13' 16" N en 110° 12' 35" E, dan zet men achtereenvolgens op de meridianen van 110° 10' en van 110° 14' vanaf de parallel van 3° 12' de afstand 76 naar boven af en van de parallel van 3° 16' de afstand 164 naar beneden af.

Bij nauwkeurige arbeid moeten op iedere meridiaan de beide punten op elkaar vallen; men verbindt de punten der beide meridianen met een dunne potloodlijn en

de parallel van het te construeren punt is gevonden. Eveneens zet men na de tang open gelegd te hebben op de afstand tussen twee meridianen, langs de parallellen van  $3^{\circ} 12'$  en  $3^{\circ} 16'$  vanaf de meridiaan  $110^{\circ} 10'$  de afstand 155 en vanaf de meridiaan  $110^{\circ} 14'$  de afstand 85 af, verbindt de licht aangeprikte punten, dan is ook de meridiaan van het af te zetten punt geconstrueerd en daarmee het punt zelf gevonden. Men prikt het even aan, zet er een kruis omheen en de naam erbij.

Men kan ook met een veelvoud werken om de nauwkeurigheid te verhogen. Zijn b.v. de verdelingen op het blad om de  $60''$  getrokken dan legge men deze afstand op 300 (factor 5) of op 600 (factor 10). In het laatste geval is de tang dan geschikt voor coördinaten op  $0'',1$  nauwkeurig.

Voor deze werkzaamheid, het z.g. „plotten” gebruikt men bij voorkeur twee tangen, als meerdere punten achter elkaar moeten worden afgezet, n.l. één voor de breedte en één voor de lengte.

Is het net getrokken in x en y coördinaten en zijn van de breedten en lengten van de punten ook de x en y coördinaten bekend, dan worden deze punten op overeenkomstige wijze met de tang geconstrueerd.

Tegenwoordig worden bij gebruik van x en y coördinaten in Nederland op het Bureau Hydrografie de triangulatiepunten (evenals het net) geconstrueerd met behulp van de coördinatograaf (zie par. 2.41).

De proportieliniaal is geen bijzonder zuiver instrument. Bij de keuring wordt een nauwkeurigheid van 0,2 mm bij het werken met de evenredige delen geëist; in de praktijk kan men echter opmerken, dat men de passer gemakkelijk een weinig wijder of nauwer kan zetten; de gaatjes worden soms wat te groot, het draaipunt slijt wat uit, door een en ander wordt de genoemde nauwkeurigheid spoedig niet meer bereikt.

Indien men niet in het bezit van een proportieliniaal is, zoals kan voorkomen als een niet-opnemingsvaartuig een opname uitvoert, kan men het „plotten”, het afzetten van punten in breedte en lengte of in x en y, zeer goed doen met de dubbele decimeter.

Bezigt men hierbij een loupe en een nauwkeurige dubbele decimeter, prikt men de punten met een naald aan en werkt men van twee kanten uit, dan kan men een alleszins voldoende resultaat verwachten. Het is nodig, de dubbele decimeter te controleren, daar deze niet altijd zuiver zijn; het zijn goedkope massa-artikelen. Vooral als rechtlijnig liniaaltje tonen zij vaak afwijkingen, hetgeen een ieder gemakkelijk kan controleren door het liniaaltje met de verdeelde kant op een plat vlak te zetten.

In het algemeen kan betreffende tekenwerk niet genoeg de nadruk gelegd worden op het gebruik van prima tekenmateriaal en instrumenten en het is duidelijk, dat men deze niet alleen verkrijgt door aankoop of verstrekking, maar voornamelijk door grote zorg en voorzichtigheid bij het gebruik. Verder zijn een lichte hand, netheid en zindelijkheid van groot belang, en eveneens weinig raderen, licht aanprikken, goede keuze van potloden.

#### 8.4 Constructie van hulppunten

In de vorige paragraaf werd het afzetten van punten behandeld waarvan de coördinaten in breedte en lengte, in geografische dan wel in rechthoekige coördinaten, bekend zijn. Deze punten worden gewoonlijk triangulatiepunten genoemd, omdat ze meestal door berekening in het triangulatiernet zijn bepaald.

Naast deze punten onderscheidt men hulp- of lodingpunten bestaande uit

natuurlijke kenbare punten of hulpbakens, welke niet dienen om daarop de driehoeksmeting voort te zetten, maar overwegend gebruikt worden voor plaatsbepaling bij het loden. Ze worden bepaald door snijdingen uit de triangulatiepunten of uit bekende ankerplaatsen van het schip en door constructie op het constructieblad geplaatst. Voor een dergelijke constructie zijn minstens drie elkaar goed snijdende richtingen nodig, gemeten t.o.v. punten, welke op groter afstand liggen dan het aan te snijden punt.

In de praktijk kan het nodig geacht worden, om, indien de gegevens beschikbaar zijn, ook deze secundaire punten te berekenen wanneer de constructie ervan te onnauwkeurig geacht wordt, hetgeen de ervaren opnemer gemakkelijk beoordelen kan.

Wanneer de triangulatiepunten op het blad zijn geplaatst, kan met het construeren der hulppunten begonnen worden.

### 8.5 Afzetten van richtingen

- a. Een eenvoudige methode voor het afzetten van richtingen levert de gradenboog beschreven in par. 2.37. De nauwkeurigheid die met dit instrument bereikt wordt is aanvaardbaar, indien het afzetten vanaf een „lange zijde” geschiedt en de snijlijn zich niet verder uitstrekt dan de rand van de gradenboog. Aldus wordt bereikt dat de fouten door gebruik van de gradenboog niet vergroot worden. Zonodig wordt de af te zetten hoek herleid tot voldaan wordt aan de eis dat de zijde langer is dan de straal van de gradenboog.
- b. Wanneer de snijdingen over een grote afstand getrokken moeten worden, dan dient dit te geschieden door de snijdingen eerst te herleiden tot azimuthale richtingen en ze vervolgens als zodanig af te zetten. Nagegaan moet worden, of een correctie op de richting toegepast moet worden, welke correctie ( $\psi$ ) is vermeld in par. IX. 8 van „Kaartprojecties beschouwd uit een hydrografisch oogpunt” uitgave 1950.

Voor de constructie zie fig. 8.5. AB is de meridiaan van het punt A, of wel de bekende azimuthale richting, welke als nulpunt van telling der gemeten hoeken wordt gebruikt, indien niet al te grote nauwkeurigheid vereist is. Indien het aangesneden punt veel verder weg is dan het punt waarvan de richting bekend is of uitgerekend kan worden uit de bekende coördinaten, dient altijd t.o.v. de meridiaan door A afgezet te worden.

De koorde van een hoek  $\alpha$  bedraagt  $2r \sin \frac{1}{2}\alpha$ . Met deze formule zijn alle koorden en hoeken van  $0^\circ$  tot  $60^\circ$  met een straal 100 berekend en opgegeven in tafel II der Hydrografische Tafels 1950. Daarmede kunnen de koorden voor elke willekeurige straal berekend worden. Stel men wil de lijn AP trekken,  $\pm 800$  mm lang (aangenomen dat deze afstand groter is dan die tot het te bepalen punt in de richting AP), welke een hoek  $\alpha = 39^\circ 47'$  maakt met de nulrichting. Men gaat als volgt te werk:

(1) Neem tussen de stangpasser nauwkeurig de afstand 800 mm van de verdeelde liniaal en cirkel uit A de boog BC; cirkel uit B dezelfde afstand om tot verkrijging van punt C ( $\angle BAC = 60^\circ$ ).

(2) De koordentafel geeft:

Koorde voor straal 100 voor  $39^\circ 47' = 68,05$ ; voor  $60^\circ - 39^\circ 47' = 36,82$   
 dus „ „ 800 (d.w.z.  $8 \times$ ) = 544,40; = 294,56.

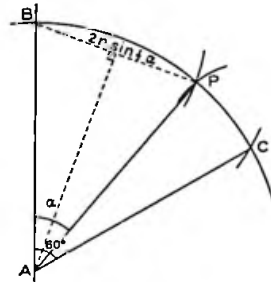


Fig. 8.5

(3) Neem achtereenvolgens de afstanden 544,40 mm en 294,56 mm tussen de stangpasser en cirkel deze om respectievelijk van B en C. Deze snijden elkaar in P op de boog BC.

(4) Verbindt P met A;  $\angle BAP$  is de gevraagde hoek.

Voor grotere hoeken wordt eerst een veelvoud van  $60^\circ$  omgecirkeld.

- c. De koorde kan ook worden gevonden met behulp van de oud-model tang (zie par. 8.6). De achterkant hiervan heeft verdelingen berekend volgens genoemde formule. Legt men de tang open met de lengte van  $r$  tussen de punten 60 van de achterkant, dan geven de verdelingen direct de lengte der koorde van elke hoek zonder verdere berekening. De grootste nauwkeurigheid, die men bereiken kan, is echter slechts halve graden, dus aanmerkelijk minder dan bij gebruik van de koordetafel. Bovendien zijn de grootst voorkomende afstanden op het constructieblad steeds af te nemen van de liniaal, zodat aan het gebruik van

de liniaal en koordentafel voor het afzetten van richtingen naar punten op grote afstand de voorkeur moet worden gegeven.

## 8.6 Snellius constructie

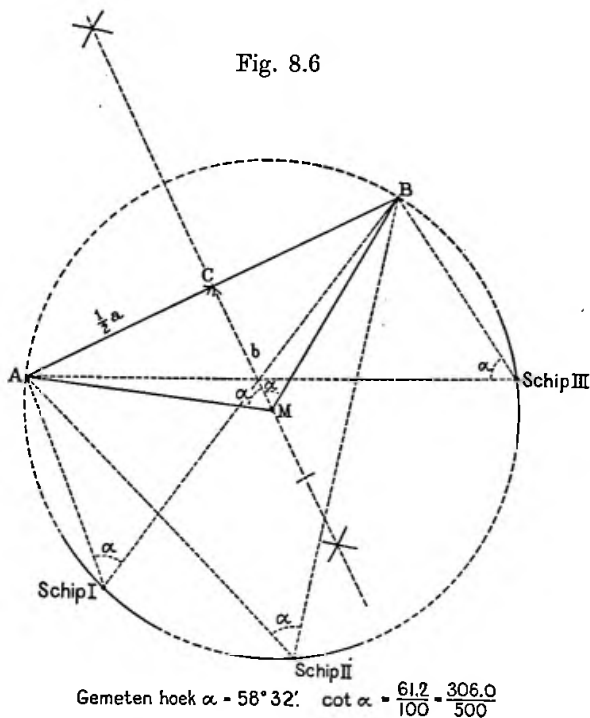
De positie van een punt aan de wal of van een geankerd of drijvend vaartuig kan behalve door triangulatie ook bepaald worden door snelliusmeting.

Voor het vinden van het middelpunt van de omschreven cirkels van een snellius-constructie, zie fig. 8.6, is de afstand CM nodig.  $\frac{CM}{AC} = \cot \alpha$ ,

dus  $CM = \frac{1}{2} a \cot \alpha$ . De waarde van de cotangens van alle hoeken tussen  $0^\circ$  en  $180^\circ$ , voor een straal = 500, vindt men in tabel I van de Hydrografische Tafels 1950.

Legt men in het geval van fig. 8.6 de tang met  $\frac{1}{2} a$  op

100, dan is voor een hoek van  $58^{\circ} 32'$  de lengte van CM 61,2; legt men de tang op 500, dan is 306,0 de gezochte afstand. Aangezien het logischer is — de praktijk wijst zulks direct uit — de tang op 500 te leggen, is de tafel berekend met een straal = 500. De cotangens van de gemeten hoek wordt voor hoeken kleiner dan  $90^{\circ}$  afgezet vanaf de verbindinglijn der meetpunten naar de waarnemer toe; voor hoeken groter dan  $90^{\circ}$  naar de andere zijde.



De cotangens van hoeken kleiner dan  $45^\circ$  is groter dan 1; daarom wordt op de loodlijn vanuit C de afstand  $\frac{1}{2}a$  en  $a$  afgezet. Men vindt nl. in de Hydrografische Tafels 1950 b.v. voor cotangens  $28^\circ 0'$  : 940,4. De tang loopt slechts tot 600, doch men heeft thans op het constructieblad op de loodlijn reeds 500 ( $= \frac{1}{2}a$ ) afgezet; men neemt dus van de tang 440,4 tussen de passer en zet deze af vanaf het aangestipte punt  $\frac{1}{2}a$ .

Behalve de twee bovengenoemde doeleinden van de voorkant van de proportieliniaal, welke bijna dagelijks voorkomen, kan men een dergelijke evenredige verdeling bezigen voor het vinden van een lengte, welke door enige formule wordt uitgedrukt, b.v. de formule voor de koorde van een hoek vermeld in par. 8.5 sub b.

In het algemeen zal men bij het construeren van belangrijke punten steeds de gezochte afstand en het complement ervan afzetten, b.v. de cotangens en 500 — cotg, de koorde van een hoek en van  $60^\circ$  — hoek; bij het construeren van een snellius zet men behalve de 1e en 2e hoek ook de som af.

Zijn de triangulatie- en lodingpunten afgezet, dan kan met construeren der lodingtochten en rondmetingen worden begonnen.

Hoeken, welke van groot belang zijn en op ver weg gelegen punten zijn gemeten, worden niet met de gradenboog, doch met behulp van de koordentafel geconstrueerd.

De snellius, de algemeen aanvaarde plaatsbepaling bij lodingwerk, wordt gewoonlijk geconstrueerd met behulp van de loodlijnen, getrokken op het midden der verbindingslijnen van de meetpunten. Deze loodlijn is de gemeenschappelijke plaats van de middelpunten van alle cirkels welke door deze meetpunten en door de meetplaats gaan. Het vinden van deze middelpunten met behulp van de proportieliniaal werd hierboven beschreven.

Een tweede en eenvoudiger methode voor het afzetten van een snellius geschiedt met de *gradenboog*.

Bij het gebruik van dit instrument (zie ook par. 8.5 sub a) legt men het middelpunt der verdeling op een der beide punten, waarop de hoek gemeten is, zodanig dat de straal van  $90^\circ$  de verbindingslijn dekt; telt vervolgens van de straal van  $0^\circ$  of  $180^\circ$ , gericht naar de kant waar de waarnemer zich bevindt, de gemeten hoek af en zet bij het verkregen eindpunt de passerpunt.

Vervolgens plaatst men de rechte kant van de gradenboog langs het punt, waarop het middelpunt lag en de passerpunt en prikt het snijpunt van de kant en de loodlijn aan. Het prikpunt is het middelpunt van de verlangde boog. B.v. bij de hoek AB  $41^\circ$ , oplossing zie fig. 8.7.

Is de gemeten hoek klein, dan valt het middelpunt van de cirkel ver buiten de gradenboog en wordt de methode onnauwkeuriger. Men komt daarin tegemoet door de dubbele hoek af te zetten; daarna cirkelt men de afstand  $M^1A$  — zie fig. 8.8 — om op de loodlijn.  $MM^1 = M^1A$  zijnde vindt men zodoende M.

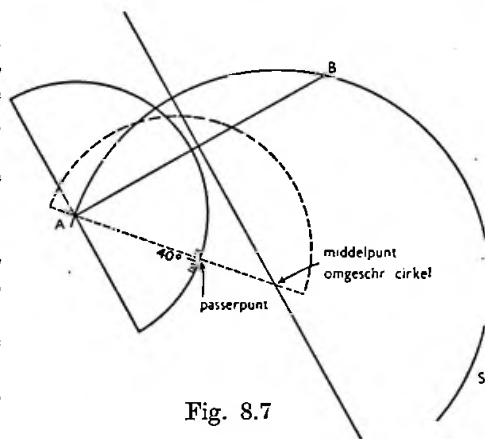


Fig. 8.7







uit C aan dit boogje snijdt de cirkel ADB op de juiste plaats D. Ligt C dichtbij, dan is deze methode onnauwkeurig.

Ligt de waarnemingsplaats dicht bij het middelste punt (fig. 8.12), dan geven de bogen van eerste en tweede hoek geen goede snijding en zal de som der hoeken wel een goede snijding geven, doch dit zal, indien de som groot is, moeilijkheid in de constructie geven. Men kan dan de som door middel van de plaatspasser of met een stuk calqueerpapier, waarop deze som is afgezet, door verschuiving langs de getrokken cirkels doen meehelpen aan het vinden der gezochte plaats. Door constructie kan men ook een goede snijding met de beide bogen vinden op de volgende wijze:

Trek de middellijnen  $BM_1D$  en  $BM_2E$ . De verbindingslijn DE snijdt de beide cirkels in de standplaats.

Is een hoek slechts een enkele maal gemeten en is de loodlijn nog niet getrokken, dan kan men zonder loodlijn toch het middelpunt van de omgeschreven cirkel vinden door de methode van de gradenboog aan beide zijden uit te voeren. Het snijpunt der stralen van de gradenboog uit beide meetpunten A en B getrokken geeft het gezochte middelpunt aan.

Ook kan men vanuit A en B een boog trekken, waarvan de straal =  $\frac{1}{2}a \operatorname{cosec} \alpha$  = straal van de omgeschreven cirkel. Het snijpunt is weer het middelpunt.

Ter aanvulling van vorenbeschreven constructies wordt nog de aandacht gevestigd op de Cassini-methode. Voor constructie in de zeekaart en in het bijzondere geval als men niet in het bezit is van een passer, kan men deze constructie toepassen.

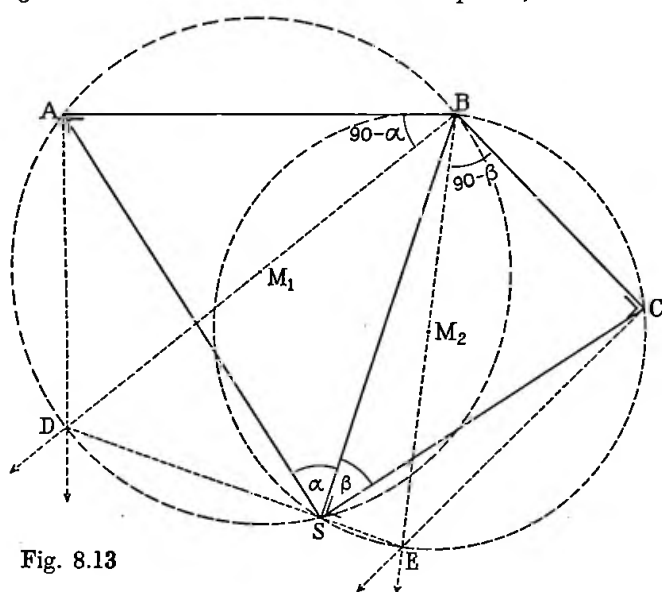


Fig. 8.13

Cirkelbogen worden hierbij niet getrokken.

Constructie: Zet de hoeken  $90^\circ - \alpha$  en  $90^\circ - \beta$  af in het middelste punt B en trek loodlijnen uit A en C, welke de snijpunten D en E leveren.

Verbind D met E. Trek een loodlijn uit B op DE (door verschuiving navigatiedriehoek). Het snijpunt S is de standplaats.

In fig. 8.13 zijn de hulplijnen voor het bewijs gestippeld. De snijpunten D en E vallen samen wanneer S ligt op de cirkel van A, B en C.

Bij de Nederlandse Hydrografie is de methode Cassini niet in gebruik. Algemeen wordt nog aan de snelliusconstructie, de plaatsbepaling door middel van cirkelbogen, de voorkeur gegeven.

Een aandachtig tekenaar zal bij het constructiewerk in ieder geval zelf de

mate van nauwkeurigheid kunnen beoordelen, waarmede gemeten hoeken moeten worden geconstrueerd; hij ziet de gevolgen, als men een hoek onnauwkeurig toepast, in de verschuiving der bogen of snijlijnen over of langs elkaar. Deze invloed hangt af van de schaal, waarop men tekent, van de grootte der hoeken en van de afstand der meetpunten. Aan de hand hiervan besluit hij, welke der boven beschreven methoden bij het construeren gevolgd zal worden. De opnemer moet nauwkeurig construeren en nauwkeurig hoeken meten, maar niet nauwkeuriger dan nuttig is. Men cijfert niet met 8 decimalen als 3 decimalen voldoende is, men meet geen hoeken in minuten als, b.v. door de kleine afstand, graden voldoende zijn, men legt de lodingslagen niet nauwer dan nodig is, men construeert niet nauwkeuriger dan merkbaar is, men tekent niet op groter schaal dan nodig is.

Wat betreft de nauwkeurigheid van hoeken meten, wordt in fig. 8.14 de fout in de snelliusboog tengevolge van een fout in de hoek in een grafiek aangegeven.

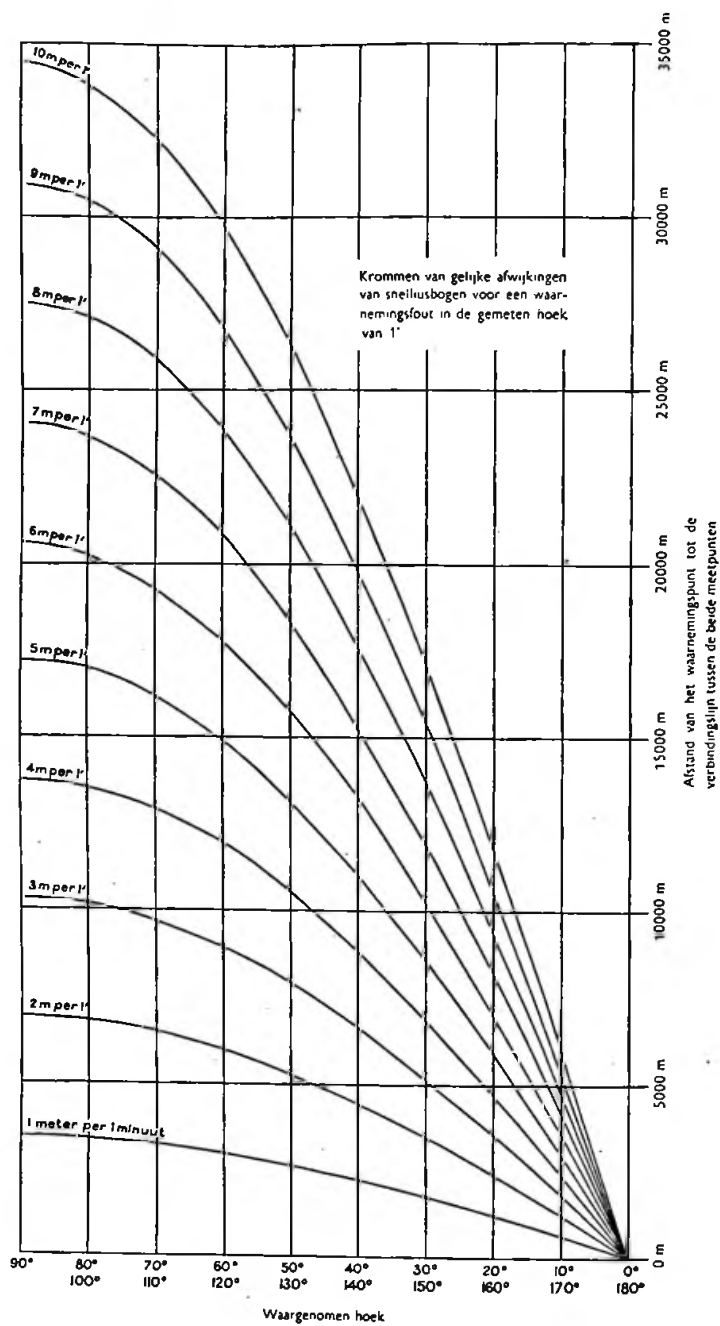
Wanneer men volgens een hierboven beschreven methode alle plaatsbepalingen heeft geconstrueerd, waarbij ieder punt met de passer wordt *geprikt*, worden deze met een dunne lijn verbonden, zodat de afgelegde route duidelijk te volgen is; de nummers van enkele snelli worden bijgeschreven en alles met blauwe inkt ingetekend; triangulatiepunten, bakens en ankerplaatsen van het schip met een kruis of cirkeltje verduidelijkt en voorzien van naam of nummer. De verschillende snijlijnen, waarmede kenbare punten, bomen, bergtoppen, rotsen, enz. werden vastgelegd, raaklijnen aan hoeken en eilanden, plaatsbepaling der kustlijn, enz. moeten bij het construeren met hard potlood met platte punt worden getrokken en *mogen later niet worden uitgewist*; het is aan te bevelen, de belangrijkste dezer lijnen met inkt na te trekken, zodat later de waarde van deze punten kan worden beoordeeld. Topografische namen behoeven op het constructieblad niet te worden ingevuld, tenzij zulks nodig is om de in de registers ingeschreven metingen terug te vinden. De kustlijn wordt op het constructieblad in zwart ingetekend aan de hand van de ingesneden kustpunten, snijdingen op hoeken en de details van het sloepsblad.

De *schaal* waarop constructieblad en minuutblad worden opgezet, hangt af van de ingewikkeldheid der af te beelden kust en van de afstand der lodingslagen. Men kiest de schaal zódanig, dat alle werk duidelijk en ruim gedetailleerd kan worden afgebeeld.

Voor het overbrengen van kustlijn en lodingwerk van constructieblad op minuutblad is een zelfde schaal voor beide bladen het makkelijkst. Echter is men bij uitzondering wel eens gedwongen het constructieblad op kleiner schaal te tekenen, omdat daarop somtijds zeer veraf gelegen meetpunten moeten voorkomen.

De nauwkeurigheid en gedetailleerdheid, waarop de opnemingsarbeid wordt uitgevoerd, hangt af van de belangrijkheid van het terrein, van het feit of er nog gedregd zal worden, van het bestaan van goede topografische kaarten en van de aard van de zeebodem. Aan de hand van deze overwegingen beslist de leider ener opneming: „men zal de lodingslagen leggen op 100 m of op 500 m afstand”; daarom zal de schaal van het minuutblad moeten zijn  $\pm 1 : 20.000$  of  $1 : 100.000$ , aannemende dat lodingslagen ongeveer 5 mm tussenruimte nodig hebben om behoorlijk getekend te worden.

Men bezigt vaak de uitdrukking: „er wordt opgenomen op 75.000 en dan leggen we dus de slagen op 400 m”. Deze uitdrukking is verwarrend en, zoals uit het



bovenstaande blijkt, is de redenering omgedraaid. Wel is het waar, dat men soms verleid wordt om nauwer te gaan loden, omdat men op grote schaal is begonnen te tekenen, doch, hoe begrijpelijk dit ook is, het is inconsequent, en deze inconsequentie leidt tot veel onnodig werk. Men hoede zich dus voor tekenen op te grote schaal. Voor revisie-opnemingen dient in de regel een tweemaal zo grote schaal als de grootste schaal-zeekaart genomen te worden. Men beschouwe dit echter niet als een bindende regel. Drempels, nauwe doorgangen, baaien, sommige gevaren enz. zullen vaak een grotere schaal vragen teneinde het minste water te vinden. Men neme echter een praktische verhouding tot de schaal der reeds verschenen of nieuw uit te geven zeekaarten en bedenke hierbij, dat een tweemaal zo grote schaal *meer* dan tweemaal zoveel werk veroorzaakt, o.a. door de hogere eisen, welke aan de triangulatie gesteld worden. Moeten gedeelten nauwer worden belood dan het overige terrein, dan tekent men alleen deze stukken op grotere schaal. Het is onnodig en zelfs ongewenst om dit gedeelte daarna te verkleinen en op het grote minuutblad in te voegen. Dit dient te worden overgelaten aan het Bureau Hydrografie.

### 8.7 Netsdraaiing en schaalwijziging

Het kan voorkomen, dat op een blad een netsdraaiing al of niet gepaard met een schaalwijziging moet worden toegepast. Omtrent dit definitieve net, dat tenslotte moet worden getrokken, wordt beslist op het Bureau Hydrografie, waar alle gegevens, ook van omliggende opnemingen, berusten en de motieven van vroegere beslissingen bekend zijn. Onder deze gegevens behoort ook een grondige beoordeling van de leider der opneming omtrent eigen werk (nauwkeurigheid astronomische plaatsbepaling, middelbare fout basismeting, zwakke plekken in de triangulatie enz.). Slechts aan de hand van deze rapporten kan aan ieder gegeven een waardecijfer worden toegekend en kunnen tegenstrijdigheden tegen elkaar worden afgewogen. De opnemer behoort in zijn hydrografisch rapport een gemotiveerd voorstel te geven omtrent eventuele wijziging van het net, maar hij onthoude zich ervan hieraan uitvoering te geven.

Voor het uitvoeren van een netwijziging zijn de volgende gegevens nodig:

- a. de geografische of rechthoekige coördinaten van ten minste twee — op het blad zo ver mogelijk uit elkaar liggende — punten in het stelsel van de oorspronkelijke opname; deze punten kunnen bekend zijn uit de triangulatie, of (indien zulks met voldoende nauwkeurigheid kan geschieden) men kan hiervoor 2 terreinpunten nemen, waarvan de coördinaten worden afgepast in het oorspronkelijke (rode) net;
- b. de geografische of rechthoekige coördinaten van *die zelfde* 2 punten in het stelsel, dat men als definitief wenst te beschouwen; deze coördinaten kunnen afkomstig zijn van aangrenzende vroegere opnamen, welke om de een of andere reden niet weer gewijzigd (kunnen) worden, of zij kunnen afkomstig zijn uit andere bronnen, b.v. Topografische Dienst.

Het probleem is nu om op het oorspronkelijke blad een nieuw (groen) net te trekken, zodanig dat de beide bedoelde punten in dat groene net de in *b* bedoelde coördinaten krijgen.

Is dit probleem opgelost, dan is daarmee automatisch bereikt, dat het gehele betrokken gebied is ingepast tussen deze als definitief aangenomen punten, zodat van ieder gewenst punt de definitieve coördinaten gevonden kunnen worden door afpassing in het groene net.

De rekenkundige methode welke daarvoor bij de Nederlandse Hydrografie wordt toegepast, is bekend onder de naam *gelijkvormigheidsaansluiting*, welke behandeld is in par. 7.3.4.

Met behulp van deze gelijkvormigheidsaansluiting wordt een formule gevonden, waarmee de hoekpunten van het nieuwe (groene) net worden uitgedrukt in coördinaten, geldende in het oude (rode) net. Op deze wijze kunnen de hoekpunten van het groene net op het oorspronkelijke blad worden afgezet; door onderverdeling kan de rest van het net getrokken worden.

Netswijzigingen worden — zoals reeds is opgemerkt — niet aan boord uitgevoerd, doch op het Bureau Hydrografie; zij worden uitgevoerd op de minuutbladen en slechts in uitzonderingsgevallen op de constructiebladen.

## 8.8 Papier

Papier is een zeer onvolmaakt materiaal om nauwkeurig constructiewerk van belangrijke afmeting op af te zetten, aangezien papier zeer onderhevig is aan krimp en rek tengevolge van vocht en droogte. Hiertegen is slechts één afweermiddel, nl. het plakken op een zink- of aluminiumplaat, doch voor grote bladen, zoals bij Hydrografie in gebruik zijn, zal men hiertoe slechts zeer node besluiten. Men kan zich — gezien de graad van nauwkeurigheid van het hydrografische werk — in verreweg de meeste gevallen wel bij dit euvel neerleggen, doch men moet zich bewust blijven, dat het bestaat en dat het construeren over grote afstanden moet worden vermeden. Het papier dient geruime tijd vóór het gebruikt zal worden, afgesneden en tussen houten borden, verzwaard met roosterijzers, geperst te worden tot alle neiging tot omkrullen verdwenen is. Tegenwoordig wordt steeds meer gebruik gemaakt van astralon, dat krimp- en rekvrij is, waardoor de juiste schaal van tekening behouden blijft. Daar het een transparant plastic is, kunnen de tekenbladen doorgelicht worden in de Procota of voor het maken van witdrukken. Wanneer astralon van de tekentafel afschuift en valt, bestaat de kans op breken. Voor tekenwerk aan boord kan van gewone tekeninkten gebruik gemaakt worden. Verwijderen van inkttekening geschiedt door uitschrappen met een radeermesje of chemisch (zie ook par. 18.3).

Geschept Hollands papier „van Gelder” krimpt en rekt in lengte en breedte in dezelfde mate, omdat de vezels zonder enige regelmaat door elkaar liggen, doch bij machinaal, in rollen vervaardigd papier liggen de vezels alle in één richting. In deze richting is de vervorming groter dan dwars erop en daardoor ontstaat misvorming in de tekening, terwijl Van Gelder-papier slechts algemene schaalwijziging veroorzaakt. De keuze van de papiersoort blijft voortdurend onder de aandacht van het Bureau Hydrografie.

Tekenpapier moet een voldoende mate van hardheid bezitten zodat het door het tekenwerk niet beschadigd wordt, terwijl het oppervlak door stoffen niet harig of wollig mag worden; op plaatsen waar geradeerd of gestuft is moet nogmaals met inkt getekend kunnen worden.

Constructie- en minuutbladen mogen nooit gerold en nog minder gevouwen worden. Slechts bij de verzending, na afloop der opneming, is rollen onvermijdelijk,

echter dienen dan de uiterste voorzorgen tegen kreuken genomen te worden. Gedurende het tekenen, aan boord, blijven de bladen steeds plat op de tekentafel of in de lade liggen, goed met dekbladen voorzien.

### 8.9 Potloden

De tekenpotloden bestaan uit diverse soorten.

Van belang is voor het tekenwerk de hardheid van het potlood. Welke soort men het beste gebruiken kan, hangt in hoge mate af van de kwaliteit van het papier. Bij de hydrografie zijn de volgende merken in gebruik:

„HB”, welke te vergelijken is met het gewone schrijfpotlood;

„H”, bestaande uit H t/m 9H;

„B”, bestaande uit B t/m 4B.

Voor het normale tekenwerk worden in het algemeen H en 2 H, welke harder zijn dan HB potloden, gebruikt; 2 H t/m 4 H zijn geschikt voor het afzetten van loodlijnen tussen de punten en voor snijdingen op bergtoppen en landhoeken enz. Met een hogere H-soort zij men voorzichtig, omdat het papier hierdoor gemakkelijk beschadigd wordt.

Het B potlood is van zachte kwaliteit en evenals het 2 B meer geschikt voor het zwart maken van de achterzijde van een calque, teneinde doorgedrukt te worden, hoewel aan weggombaar blauw potlood de voorkeur gegeven wordt.

Voor hydrografisch tekenwerk aan boord is het potloodmateriaal in orde als men voorzien is van de merken: HB; H, 2H, 4H, 6H, 8H; B, 2B, 4B.

### 8.10 Pen en inkt

Tekenpennen lopen in kwaliteit uiteen en op hun deugdelijkheid kan niet zo gerekend worden als bij potloden. Evenals bij potloden weet een geoefend tekenaar welk soort pen hij kan gebruiken om de beste resultaten voor een bijzonder lettertype te verkrijgen. Ook de papiersoort is hierbij van invloed.

Voor het tekenwerk op de opnemingsvaartuigen behoeven aan de tekenpennen geen overmatige eisen gesteld te worden.

Er zijn diverse merken in de handel die weinig uiteenlopen. Het merk Joseph Gillott's & Sons „Crow Quill” nr. 659 (lengte 27 mm) wordt veel gebruikt. Voor fijn tekenwerk wordt door tekenaars ook een iets slappere soort pen gebruikt, o.a. het merk Brandauer nr. 518.

De soorten tekeninkt lopen in het algemeen uiteen wat hun kwaliteit betreft. Het merk „Pelikan” dat in diverse kleuren in de handel is gebracht, wordt veel gebruikt. De vraag of de kwaliteit van de inkt voldoet, wordt het best beantwoord door het persoonlijk gebruik ervan in de praktijk.

Voor tekenen op astralon zie par. 18.4.

### 8.11 Calques

Calqueerlinnen is een halfdoorzichtig linnen, op de ene zijde met lijmwat behandeld, waardoor het glanzend is. De andere zijde is dof.

Daar stijfsel wordt gebruikt bij de fabricatie, kan water de oppervlakte bederven en vlekken veroorzaken, welke bij reproductie te zien zijn. Het dient dus goed beschermd te worden tegen transpiratie.



De doffe zijde van het calqueerlinnen moet gebruikt worden voor elk tekenwerk daar deze zijde inkt beter opneemt. Het gebruik van inkt wordt vergemakkelijkt door het vlak van het linnen te bestrooien met talk of krijt, dat daarna met een doek licht ingewreven moet worden en vervolgens afgestoft.

Calqueerlinnen vervormt meer na verloop van tijd en bij temperatuursveranderingen dan calqueerpapier en moet daarom niet gebruikt worden, wanneer een minimum van vormverandering vereist wordt.

Het beste soort calqueerlinnen is niet zo doorzichtig als een goede kwaliteit calqueerpapier.

Calqueerpapier is een dun, stevig, min of meer doorzichtig papier, geschikt om afdrukken van tekeningen te maken, wanneer duurzaamheid niet van belang is.

De beste kwaliteit is reukloos, wit, bezit een hoge graad van doorzichtigheid en een gladde oppervlakte, waarvan het weefsel raderen veroorlooft, zonder dat het papier ernstig beschadigd wordt.

Tegenwoordig zijn voor het calqueren vele plastic producten, o.a. kodatrace, astralon en ethulon in gebruik genomen, welke zeer goed voldoen.

## 8.12 Titel

Alle werkbladen (constructie-, minuut- en dregbladen) moeten zorgvuldig, uitvoerig en overzichtelijk worden bijgehouden, daar ze bij een latere gehele of partiële herziening geraadpleegd worden en diverse gegevens daarvoor aan deze bladen worden ontleend. De bladen worden voorzien van een net in rode inkt, terwijl de randverdeling langs de buitenrand in zwarte inkt wordt vermeld.

| Voorts komt in de titel:          | Voorbeeld:                                                                                                                |
|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| a. Gedeelte van het land of water | SE.kust Madoera.                                                                                                          |
| b. Naam van het blad              | Gili eilanden.                                                                                                            |
| c. Schaal                         | Schaal 1 : 50.000.                                                                                                        |
| d. Gebruikte projectie            | Cilinderprojectie met equidistante midden-parallel en meridianen.                                                         |
| e. Naam opnemingsvaartuig         | Hr. Ms. Willebrord Snellius.                                                                                              |
| f. Periode opneming               | Augustus t/m October 1937.                                                                                                |
| g. Diepten en reductievlak        | Diepten in dm herleid tot LWS; 12 dm beneden middenstand der waargenomen peilschaal (vergeleken met Zwaantjes droogte).   |
| h. Berghoogten                    | Berghoogten in meters boven middenstand.                                                                                  |
| i. Meridiaan van stelling         | Meridiaan van stelling:<br>Djakarta 106° 48' 27'', 79 E (nieuw).                                                          |
| j. Legenda                        | Droogvalling.<br>Dieptelijn van 2 m.<br>"      "      5 "<br>"      "     10 "<br>"      "     20 "<br>"      "     200 " |

aangegeven door lijntjes in de gebruikte kleuren

- k. Uiterste afmetingen net      Afmetingen blad:  
 $\Delta l = 30' = 1104,6 \text{ mm.}$   
 $\Delta b = 18' = 663,6 \text{ „ „}$   
 $b_m = 7^\circ 10' \text{ S.}$
- l. Ondertekening      De Commandant,  
 c.q. Leider opneming  
 rang  
 handtekening  
 naam in blokletters.

N.B. Op constructiebladen worden de punten (g), (h) en (j) en op dregbladen de punten (h) en (j) niet vermeld.

### 8.13 Dregblad

Het trekken van het net werd reeds behandeld bij het constructieblad in par. 8.2. De af te dreggen stroken worden op het blad geplaatst, benevens de punten welke voor de plaatsbepaling in aanmerking komen. Als hulppunt kan eventueel een dankbaar gebruik gemaakt worden van de ankerplaats van het schip waarvoor men een gunstige ligging kan kiezen. Om de geconstrueerde dregbanen van elkaar te kunnen onderscheiden worden ze in verschillende kleuren inkt getrokken. Nauwkeurig acht dient gegeven te worden of de banen elkaar overlappen. Hiaten, hoe gering ook, en twijfelachtige overlappen moeten aangevuld worden door er nogmaals overheen te dreggen.

Afgedregde stroken zullen tevens zodanig belood worden, dat op de kaart een goed beeld gegeven kan worden van de voorkomende diepten en van de algemene vorm van de zeebodem (met grondsoort).

Voor hetgeen in de titel moet worden vermeld zie par. 8.12.

### 8.14 Bergenblad

Het trekken van het net werd reeds behandeld bij het constructieblad in par. 8.2.

Wanneer het op te nemen terrein veel bergtoppen bevat, welke in hoofdzaak bepaald kunnen worden door snijdingen en hoogtemetingen uit de ankerplaatsen van het schip, dan wel op grote afstand liggen, zodat zij buiten het constructieblad vallen, dan levert een apart bergenblad veel gemak op. De schaal voor dit blad kiese men zodanig dat alle ankersnellii en bergen er op kunnen komen. Valt een ankersnellius buiten het blad, dan berekene men een snijpunt van de azimuthale richting met een parallel of meridiaan van het bergenblad dichtbij de te bepalen top gelegen en zet vanuit dit punt de richting af. Over een uitgestrekt terrein, zoals b.v. het terrein N. deel Sumatra (Atjeh) werd in 1922—1925 een bergenblad op schaal 1 : 200.000 gebruikt. De ankersnellii werden op breedte en lengte van het gewone constructieblad met de proportieliniaal afgenomen en vervolgens op het bergenblad geplaatst.

Het plaatsen van bakens op het bergenblad is in het algemeen niet nodig, tenzij hieruit snijdingen op bergtoppen zijn genomen of wanneer snijdingen t.o. hiervan afgezet moeten worden. Voor nadere aanwijzingen betreffende het vastleggen van bergen- en heuveltoppen zie par. 11.3. 11.2.2.

## IX. LODEN

## 9.1 Voorbereiding

## 9.1.1 Inleiding

De zeekaart dient — voor zover betreft het zee gedeelte — een beeld te geven van de diepten der wateren in een voor de zeeman passende vorm. De nauwkeurigheid, waarmede dit ten behoeve van een veilige scheepvaart dient te geschieden, houdt o. m. verband met de maximum diepgang van schepen, terwijl ook rekening gehouden dient te worden met de diepte waarop onderzeeboten kunnen opereren. Voor grotere diepten liggen de nauwkeurigheidseisen lager, doch niet uit het oog mag worden verloren, dat ook grote en zeer grote diepten een middel kunnen zijn voor plaatsbepaling van met echolood uitgeruste zeeschepen.

In tegenstelling met een landkaartering is bij een hydrografische kaartering een principiële moeilijkheid gelegen in het feit, dat de zeebodem, behoudens ondiepe plekken, onzichtbaar is. Het is uiteraard ondoenlijk om de zeebodem van punt tot punt d. m. v. lodingen af te tasten en zodoende het diepteverloop te kaarteren. Men beperkt zich daarom tot het nemen van steekproeven, bestaande uit het verrichten van lodingen op bepaalde onderlinge afstand en neemt dan aan, dat het bodemverloop tussen die punten regelmatig is; deze aanname is uiteraard slechts veroorloofd, als men de practische zekerheid heeft, dat zulks inderdaad het geval is. Een juiste keuze van die onderlinge afstand wordt beïnvloed door tal van factoren, waarvan de voornaamste hieronder genoemd worden. Een onnodig dichte beloding beïnvloedt de voortgang van het werk ongunstig — een verkleining van de afstanden met een factor 2 vergroot de hoeveelheid werk met een factor 4 —, terwijl daarentegen een te grote onderlinge afstand het gevaar vergroot, dat voor de scheepvaart gevaarlijke ondiepten niet ontdekt worden.

Door de egaliserende werking van zeestromingen gedurende millioenen jaren en — op ondieper water — de golfbeweging komen, in het algemeen gesproken, in de zeebodem veel minder steile hellingen voor dan te land. Op grond van die overweging kunnen de lodingen dan ook veelal tamelijk ver uit elkaar liggen. Bij bepaalde geologische formaties komen echter wel steile — en soms zeer steile — hellingen voor. Heeft men aanwijzingen of zekerheid, dat dergelijke formaties aanwezig zijn, dan moet de afstand tussen de lodingen kleiner gekozen worden. Als voorbeeld worden genoemd vulkanische formaties en koraalriffen. Laatstgenoemde rijzen soms nagenoeg loodrecht van de zeebodem op, hetwelk ook het geval kan zijn bij bepaalde granietformaties; deze komen soms voor in de vorm van zeer spitse en bijna loodrecht oprijzende pieken (pinnacle-rocks). Koraalriffen rijzen veelal tot dicht onder het zeeoppervlak omhoog, daar levende koraal zuurstofrijk water behoeft. Dit soort van kleine objecten, benevens wrakken, kunnen in het algemeen niet opgespoord worden d. m. v. lodingen. In terreinen waar zij voorkomen of verwacht worden, stelt men de voornaamste scheepvaartroutes veilig door deze af te dreggen, daarbij zo mogelijk rekening houdende met onderzeevaart en met een te verwachten aangroei van eventuele koraalformaties.

Bij het bepalen van een veilig geachte onderlinge afstand tussen de lodingen is mede van belang de algemene waterdiepte. Het is een uit ervaring bekend feit, dat de kans op gevaarlijke ondiepten binnen en nabij de 200 m dieptelijn aanmerkelijk groter is dan daarbuiten; deze lijn bepaalt de grens van het z.g. *vastelandsplat*. Buiten

die lijn kunnen nog wel gevaren voorkomen, doch in het algemeen wordt de onderlinge afstand tussen de lodingen buiten die lijn zeer veel groter genomen dan daarbinnen.

Een belangrijke factor is nog de doorzichtigheid van het water. Bij doorzichtig water kunnen vele gevaren en vooral koraalriffen tot op vrij grote afstand door verkleuring worden waargenomen. Ook stroomrafelingen en het voorkomen van scholen vis geven dikwijls tamelijk ver zichtbare aanwijzingen van de aanwezigheid van ondiepten. Onder dergelijke omstandigheden kan de onderlinge afstand tussen de lodingen veilig groter gekozen worden dan anders het geval zou zijn.

Ook de grondsoort — en vooral plotselinge veranderingen daarin — kunnen aanwijzingen geven.

Verder is nog een overweging de belangrijkheid van het betrokken gebied voor de scheepvaart. Zeer druk bevaren routes zullen in het algemeen meer intensief onderzocht worden dan afgelegen gebieden.

Uit de bovenstaande opsomming, welke alleen de hoofdzaken omvat, zal het duidelijk zijn, dat geen algemeen geldende regels gegeven kunnen worden voor het vaststellen van een veilige onderlinge afstand der lodingen. In de volgende paragrafen zullen verschillende voorbeelden uit de praktijk worden genoemd. De commandant van een opnemingsvaartuig zal ten aanzien hiervan algemene aanwijzingen vinden in zijn instructie, doch zich verder moeten laten leiden door zijn praktische ervaring en inzicht in de geologische formatie van het terrein; dit inzicht en deze ervaring moet ook in zo groot mogelijke mate aanwezig zijn bij de leidende officier in een lodingsloep.

De diepten worden bepaald met het echolood, handlood, slaggaard, of draadlodingmachines.

De methode van steekproeven nemen d. m. v. lodingen geschiedt door het systematisch afstomen van lodingslagen op te voren vastgestelde onderlinge afstand. Deze methode brengt mede, dat het aantal lodingen in de richting van de slag in het algemeen veel groter is — bij gebruik van echolood wordt een continu profiel verkregen — dan loodrecht daarop. Teneinde een zo juist mogelijk inzicht in het bodemverloop te krijgen, wordt de richting van de lodingslagen voor zover doenlijk loodrecht op het verloop der dieptelijnen gekozen. In beginsel houdt men aan dit schema van ongeveer evenwijdige slagen vast, echter met dien verstande dat voor iedere duidelijke of zelfs maar vermeende aanwijzing van een ondiepte tussen twee slagen daarvan tijdelijk afgeweken wordt voor het onmiddellijk instellen van een gedetailleerd onderzoek ter plaatse.

Een ervaringsfeit is, dat minstens evenveel gevaren ontdekt worden door het oog (verkleuring, stroomrafeling, vis, vogels) als met het lood; dit geldt uiteraard in sterkere mate voor helder dan voor ondoorzichtig water. Daarbij overziet men van uit het schip (mars) een groter gebied dan uit de sloep. Een uitkijk mag dus nooit achterwege gelaten worden. Ook het inwinnen van inlichtingen bij plaatselijke zeevarenden en vooral vissers mag nimmer verzuimd worden.

Tijdens het lodingwerk worden alle bijzonderheden aangetekend, welke kunnen dienen ter aanvulling van de kaart, zeemansgids en bijlagen. Men late op dit gebied niets aan het geheugen over.

Bij lodingsstochten onder de wal wordt tevens de kustlijn bepaald, of althans gegevens verzameld en genoteerd, welke die kustbepaling te zamen met langs andere weg verkregen waarnemingen mogelijk maakt.

## 9.1.2 Sloepsblad

Het systematisch met een sloep beloden van een terrein volgens de in par. 9.1.1 genoemde richtlijnen is slechts mogelijk als de voortgang van het werk op een blad papier voorlopig wordt geкартеerd. Hierbij moet meer de nadruk gelegd worden op het verkrijgen van een behoorlijk overzicht, dan op grote nauwkeurigheid. Dit op een plank aangebrachte blad papier noemt men het *sloepsblad*; de daarop uitgevoerde voorlopige kaartering stelt de leidende officier in staat zijn werk systematisch uit te voeren en hiaten te vermijden, terwijl het hem — naar gelang het kaartbeeld groeit — aanwijzingen geeft omtrent onregelmatig verlopende diepten, welke een nader onderzoek noodzakelijk maken.

Vóór de aanvang van het lodingwerk wordt het sloepsblad gereedgemaakt. Dit blad heeft dezelfde schaal als het constructieblad en wordt van het laatste door middel van een calque overgenomen.

Alle bakens en reeds bepaalde kenbare punten, ankerplaats van het schip of sloep enz. worden er, met de namen, op aangegeven, de middelloodlijnen worden reeds zoveel mogelijk getrokken, de schaal wordt duidelijk aangegeven. Indien men van plan is vaste raaien, merklijnen of bogen te stomen, worden deze reeds licht in potlood getrokken, in het algemeen gezegd: er wordt zoveel mogelijk vóóruit gewerkt, ten einde de arbeid onder het loden te verlichten. Door de beperkte grootte van het sloepsblad is het soms niet mogelijk alle gewenste bogen en merklijnen daarop te construeren. Men construeert dan een aantal bogen met dunne lijnen van gelijke hoekverschillen op het constructieblad en brengt deze met de calque over. Tussenniggende, werkelijk gemeten bogen kunnen dan tijdens het loden gemakkelijk op het oog geïnterpoleerd worden.

Tevens worden nuttige merklijnen getrokken, indien het achterste punt (b.v. een ver verwijderde bergtop) niet op het sloepsblad voor kan komen.

*Eveneens worden zo nauwkeurig mogelijk aangebracht de gevaren, riffen, enz., welke hetzij reeds op de bestaande kaart voorkomen, hetzij in de loop der tijden werden gerapporteerd. Dergelijke plekken mogen niet van de kaart verdwijnen vóór een nauwkeurig onderzoek is ingesteld.*

Verder wordt de grens van het reeds verrichte lodingwerk, waarop aangesloten moet worden, aangegeven. Is dit gedeelte reeds in het minuutblad verwerkt, dan zal het vaak gemak opleveren de dieptelijnen over te nemen, omdat deze een denkbeeld kunnen geven van het verdere verloop ervan.

In het algemeen worden de bakens, andere vaste punten, grens van reeds uitgevoerd lodingwerk en de bepaalde kustlijn in inkt getekend, al het overige in potlood.

Verder wordt op een gedeelte van het blad, dat niet gebruikt wordt, de richting van het magnetische Noorden aangegeven.

Daarna wordt het blad met punaises op een tekenplank geprikt. Verwacht men het blad meerdere dagen te zullen gebruiken, dan verdient plakken de voorkeur. Dit is ook nodig bij het maken van een operationele calque, omdat bij vastprikken de kans op beschadiging groter is.

Wordt het lodingwerk niet door sloep of dregboot, doch door het schip verricht (eventueel in samenwerking met de lichte vaartuigen door het leggen van evenwijdige slagen), dan spreekt men van een *scheepsblad* (*brugblad*), dat geheel identiek met het sloepsblad is, doch meestal een groter oppervlak bestrijkt wegens de grotere werkafstand tot de meetpunten.

Zou in uitzonderingsgevallen het sloepsblad te klein zijn om de plaatsbepalingen te construeren, dan kan men zich behelpen door het blad op de helft van de schaal van het constructieblad uit te voeren. De kans op „heilige dagen” of te dicht op elkaar vallen der slagen in het lodingwerk is hierbij echter groter, wat eerst bij het construeren op het constructieblad tot uiting zal komen.

### 9.1.3 Voorlopige reducties

Op de zeekaarten worden lijnen van gelijke diepte getrokken, welke dus gebieden met die diepte en kleinere insluiten. Deze dieptelijnen verduidelijken de vaarwaters op de kaart, doen plateaux en ondiepten beter uitkomen, hetgeen de leesbaarheid ten goede komt. Zij moeten in de eerste plaats goed worden bepaald. Om dit te bevorderen, wordt de richting der slagen zoveel mogelijk ongeveer loodrecht op het vermoedelijk beloop der dieptelijnen gekozen, omdat zodoende de diepten het snelst veranderen en kleine afwijkingen tussen de werkelijk gevolgde richting tijdens het loden en de voorstelling daarvan op het werkblad verkregen, door verbinding der betrokken plaatsbepalingen, de kleinste fouten veroorzaken.

Bovendien tracht men zo dicht mogelijk nabij de plaats, waar men een dieptelijkj passeert, een plaatsbepaling te nemen. Zulks is vooral van belang bij gebruik van handlood, slaggaard of draadlood, waarbij men immers geen continu beeld van het bodemverloop verkrijgt en de snelheid van de sloep bovendien vaak minder constant is te houden. Ook bij een slechts zeer langzaam oplopende bodem, waar de dieptelijnen dus ver van elkaar liggen, is een plaatsbepaling bij het passeren ervan belangrijk. Zou hier de dieptelijj door interpolatie moeten worden gevonden tijdens het minuutwerk, dan bestaat veel kans, dat men een zig-zag lopende lijn zou verkrijgen.

Om de plaats van de dieptelijj tijdens het loden te weten, moet de reductie bekend zijn. Men doet daarom goed voor die dag een reductiestaatje te maken, waarop de verandering van reductie met de tijd is aangegeven. Hiertoe construeert men de getijkromme uit de (voorlopige) constanten of uit de constanten van een dichtbij liggende plaats, waarvan men verwacht, dat het getijregime hetzelfde is. Is de ligging van het reductievlak t. o. v. de middenstand niet overgenomen van een vroegere opneming en nog niet vastgesteld, dan wordt een voorlopige waarde aangenomen door vergelijk van de waargenomen kromme bij springtij met die van een nabijliggende plaats waarvan de constanten bekend zijn.

Het maken van de geschatte getijkromme wordt soms vereenvoudigd door vergelijking van de kromme der vorige dagen op het werkkerrein met de gelijktijdig afgezette kromme van een nabijliggende plaats met bekende constanten. Door de laatste tevoren reeds voor de lodingdagen af te zetten, kan uit het verband der beide krommen soms een goede schatting worden verkregen.

De bovenstaande werkwijze wordt gebruikt in de Oost Indische Archipel.

In Nederland gebruikt men de Getijtafel van de Rijkswaterstaat. Men zoekt in de getijtafel de plaats op, die het dichtst bij het lodingterrein ligt of de plaatsen, waartussen het lodingwerk ligt. De gegevens zet men op millimeterpapier af en uit het af te lezen verval bepaalt men met behulp van tabel I in de Zeemansgids voor de Nederlandse kust en met interpolatie de rijzing of daling per uur na LW. resp. HW. Door de zo verkregen punten wordt een kromme getrokken. Nu wordt deze kromme vervormd voor het lodingterrein, door vergelijking van de gegevens voor verschil in havengetal en reductievlak in de reductiekaart voor beide plaatsen.

Gaat men uit van twee krommen van plaatsen, die in de getijtafel voorkomen en vervormt men beide tot de geschatte kromme op het lodingerrein, dan vindt men zelden volkomen overeenstemming tussen beide en zal men verder de beste vorm moeten schatten.

Door optelling van de reductie bij de diepte van de dieptelijn ten tijde van het passeren daarvan verkrijgt men de ware diepte, waarbij de plaatsbepaling moet geschieden.

#### 9.1.4 Onderlinge afstand der lodingslagen

Reeds in par. 9.1.1 is opgemerkt, dat de onderlinge afstand der lodingslagen beheerst wordt door een groot aantal factoren en dat hiervoor geen algemeen geldende voorschriften gegeven kunnen worden.

In Nederland, waar geen steile klippen voorkomen en waar de bodem alluviaal is, worden veranderlijke en critieke drempels opgenomen met lodingslagen om de 100 m overlangs en overdwars; overigens worden de binnenwaters met slagen om de 120 tot 250 m belood, de vaarroute van Schouwenbank naar Oostgat om de 400 m, de Noordzeekust met slagen variërend tussen 1000 en 2000 m.

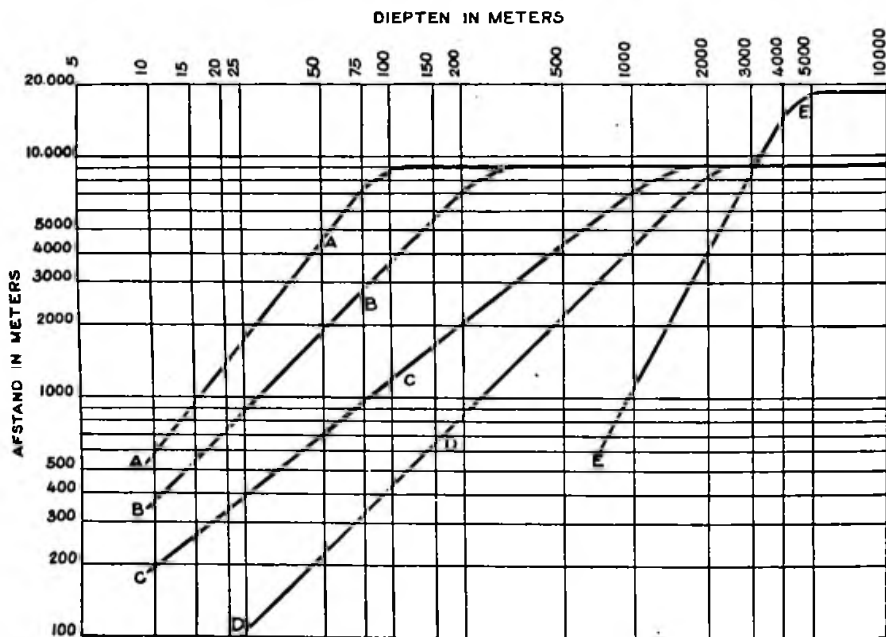


Fig. 9.1

In Indonesië werd de Westkust van Sumatra van de wal tot de 10 m dieptelijn belood met slagen om de 400 m, verder naar buiten waaierte men de slagen uit tot 1000 m en daar waar het continentale plat zeer breed werd ( $\pm 10$  zm) tot 1500 à 2000 m.

De Zuid-Chinese Zee beoosten de Natuna eilanden met zeer grote en gelijkmatige diepten werd opgelood met slagen op  $\pm 8000$  m breedte.

Op de rede van Tandjung Priok zal men de slagen ongeveer op 200 m moeten leggen, op een druk bevaren route als straat Banka zal men de slagen ook op ongeveer 200 m leggen. In de Oosthoek van de Archipel, b.v. de steile Noord- en Zuidkust Ceram, werd om de 500 m belood, de kusten van de Geelvinkbaai en van Japen om de 700 m.

Bovengenoemde getallen dienen slechts om een indruk te geven welke onderlinge afstanden men onder bepaalde omstandigheden koos of zal kiezen, als resultaat van een compromis tussen de in par. 9.1.1 genoemde factoren; verder hebben zij geen bindende betekenis.

De schaal van de opneming wordt pas bepaald, nadat de voor het terrein als geheel voor te schrijven afstand tussen de lodingslagen is vastgesteld; de schaal wordt zodanig bepaald, dat voldoende ruimte is om de dieptecijfers en andere gegevens te kunnen tekenen. In verband met het feit, dat herhaaldelijk tussen 2 geprojecteerde slagen ondiepten gevonden worden, wordt voor die afstand (op schaal van het constructie- en minuutblad) meestal 8 à 10 mm gekozen. Kleine gedeelten van het terrein, welke een meer gedetailleerd onderzoek vergen, worden op grotere schaal geкартеert; teneinde een duidelijk leesbaar minuutblad te verkrijgen, dient de slagafstand op het blad niet belangrijk minder te zijn dan 8 mm.

In het Hydrographic Manual komt nog een grafiek voor, die onder verschillende omstandigheden de *maximum* toelaatbare afstand tussen de lodingslagen aangeeft. In vele gevallen zal het echter nodig zijn deze afstand aanzienlijk te verminderen, aangezien hier geen rekening kon worden gehouden met factoren als ooghoogte en belangrijkheid van het terrein. Wordt het terrein later afgedregd, dan zullen de slagen wijder kunnen vallen. Zie fig. 9.1<sup>1)</sup>.

De getrokken lijnen hierin hebben de volgende betekenis:

- AA Gelijkmatic verlopende zand- of modderbodem, waar geen stenen, riffen, banken of ondiepten voorkomen.
- BB Zand- of modderbodem met ondiepten en banken, doch zonder stenen of riffen.
- CC Gebieden met enkele verspreide stenen of riffen.
- DD Gebieden met vele, ook steil oplopende, stenen en koraalriffen.
- EE Maximum te gebruiken afstand bij het zoeken naar gerapporteerde gevaren op diep water.

Uit de door de schrijver gegeven toelichting blijkt, dat de figuur voornamelijk gebaseerd is op de geologische formaties van de zeegebieden nabij de Verenigde Staten en Alaska. Ook deze figuur kan dus slechts als handleiding dienen, waarbij trouwens de schrijver zelf reeds uitdrukkelijk vermeldt, dat de gevonden waarden *uiterste maxima* zijn. Het verloop der krommen op waterdiepten van minder dan 9 m wordt niet aangegeven. Dit is ook wel te verklaren, omdat hier de belangrijkheid als vaarwater en plaatselijke omstandigheden een veel grotere rol gaan spelen (visserijgebied, passeren over drempels). Zo worden op de Nederlandse kust de grote, weinig bevaren ondiepe gebieden met gelijkmatig bodemverloop, als b.v. de

<sup>1)</sup> Bewerkt naar: „Hydrographic Manual” by K. T. ADAMS U.S. Coast and Geodetic Survey, special publication no. 143, revised (1942) edition blz. 201.



Vlakte van Schooneveld, belood met een onderlinge afstand tussen de slagen, die  $2 \times$  de normale afstand voor dat gebied is. Hetzelfde geschiedt met uitgestrekte, droogvallende banken, die voor de scheepvaart van geen, voor de visserij van gering, doch voor de bestudering van het verloop der vaarwaters door de Rijkswaterstaat wel van belang zijn.

Het bovenstaande duidt dus de opvatting aan op welke wijze men een behoorlijk algemeen beeld van de zeebodem verkrijgen kan zonder overbodige arbeid. Het is niet wel doenlijk hierbij weer onderscheid te maken tussen lodingwerk met echolood of handlood.

De afstand der slagen zal in het algemeen dus kunnen toenemen met de diepte, voor zover de aard van het terrein dit toelaat. In het algemeen immers zal het aantal gevaren afnemen naarmate de diepte toeneemt. Uitzonderingen komen echter voor, men denke aan de 200 m lijn op verschillende plaatsen in Indonesië.

Het aantal lodingen in een slag houdt met het bovenstaande nauw verband, d.w.z. het aantal lodingen moet groter zijn, naarmate de lodingslagen dichter bij elkaar moeten liggen.

Bij het gebruik van het echolood krijgt men een continu beeld van het bodemverloop in de afgelegde lodingslag; verdere bespreking is hier dus niet nodig.

Bij gebruik van het handlood kan in een vaartlopende sloep met goede loders tot ongeveer  $\frac{70}{n}$  m behoorlijk grond gelood worden, in welke formule  $n$  de vaart in zeemijlen voorstelt. Zijn de diepten zó groot, dat de vaart sterk verminderd moet worden om grond te halen, dan is het beter voor elke loding te stoppen en achteruit te slaan.

Aangezien met het schip ongeveer  $\frac{100}{n}$  m aangelood kan worden, kan het lodingwerk op dieper water sneller opschieten met het schip, te meer omdat men de slagen, met gelijke kans op het vinden der gevaren door de grotere ooghoogte, op groter tussenruimte mag leggen.

Indien voor elke loding gestopt moet worden, bepaalt men de tijdsintervallen tussen elke loding; gedurende deze tijd wordt hetzij volle kracht, hetzij met verminderde vaart gestoomd, afhankelijk van de diepte en de gewenste afstanden tussen de lodingen (tijdens het stomen moet immers gelegenheid zijn het lood met loodlijn in te halen). De afstand tussen de lodingen mag *nooit* meer bedragen dan de afstand tussen de lodingslagen en mag gelijk aan deze zijn op diep water zonder gevaren, geen of geringe hellingen en op uitgestrekte vlakten en banken. In alle andere gevallen moet de afstand tussen de lodingen kleiner zijn en wel als regel *ten hoogste* gelijk aan de halve afstand tussen de slagen.

Zoals hieruit blijkt is de vaart dus ook afhankelijk van de schaal van opneming.

Bij gebruik van de slaggaard, het Lucaslood en het Kelvitelood gelden dezelfde overwegingen.

Bij de eerste, die alleen op ondiep water gebruikt wordt, kan meestal volle kracht gevaren worden (indien tenminste de veiligheid van de sloep dit toelaat), waarbij men ruim binnen de gestelde eisen blijft.

Een onnauwkeurigheid bij het aflezen van de slaggaard ontstaat door het oplopen van het water tegen de voorzijde ervan. Bij het aflezen moet hiermede rekening worden gehouden. De fout is groter naarmate de vaart van de sloep groter is.

Voor elke loding met het Lucaslood moet de sloep tot stilstand gebracht worden; het indraaien (dat in de vaart kan geschieden) duurt langer dan het inhalen van het handlood tijdens het varen, zodat de vaart dus geringer zou moeten zijn. Echter wordt het eerste op diep water gebruikt, waar de lodingslagen ook verder van elkaar liggen, zodat praktisch de voortgang van het werk met Lucaslood op diep water (30—200 m en meer) even snel gaat als met het handlood op ondieper water.

Men dient vooral niet langer te stoppen dan nodig is voor het verrichten van de loding, omdat men anders te veel en te onregelmatig wordt weggezet door de stroom. Duurt dus het inhalen van de lijn langer dan het tijdsinterval tussen de lodingen, dan moet de vaart voldoende verminderd worden. Met het handlood op het schip werkende, kan men door het gebruik van loders over beide boorden de vaart groter houden.

Bij gebruik van het Kelvitellood loopt het schip een constante vaart; uit de tijd voor een loding benodigd, die afhangt van de diepte, kan dus de te gebruiken vaart bepaald worden.

Aangezien het beeld van de zeebodem op de kaart het duidelijkst wordt weergegeven door lijnen van gelijke diepte (evenals op topografische kaarten het reliëf van het land door lijnen van gelijke hoogte), moeten deze lijnen door het lodingwerk zorgvuldig worden bepaald en dit wordt op de meest praktische wijze verkregen door de lodingslagen ongeveer loodrecht op de dieptelijnen te leggen. Daardoor zullen deze slagen ook veelal loodrecht op de kustlijn gericht zijn, waardoor men veelal merken op het land kan vinden om goed in de koers te blijven.

Blijkt men later de lodingslagen verkeerd te hebben gelegd, dan kan het soms nodig zijn een deel van het gebied een tweede maal te beloden. De beslissing hierin berust bij de commandant. Tijdens het lodingwerk krijgt men echter reeds een denkbeeld van de juiste richting door op het sloepsblad de dieptelijnen voortdurend, zij het als een globale schatting, bij te houden. Aan de hand hiervan ziet men tijdig of de richting der slagen gewijzigd moet worden.

Vaak zal men de slagen willen waaieren om een ver verwijderd punt, waardoor de richtingen toch praktisch evenwijdig lopen en men, door het achterste punt ineen te houden met telkens een ander willekeurig punt op de voorgrond, zekerheid heeft, dat de slagen op de te voren vastgestelde onderlinge afstand blijven liggen en als rechte lijnen verlopen.

Op het bovenstaande zijn talrijke varianten mogelijk en aanvullingen noodzakelijk om het te beloden gebied zo volledig en goed mogelijk in kaart te brengen. Dit wordt nader besproken in par. 9.3.

### 9.1.5 Contrôle instrumenten

Vóór vertrek van boord moeten de te gebruiken loding- en meetinstrumenten op hun goede werking en juistheid gecontroleerd worden. De horloges worden opgewonden en gelijkgezet.

#### *Echolood*

Hiervoor wordt verwezen naar VVKM 6, „Beschrijving en gebruiksaanwijzing van het Hughes-echolood”.

Hierin worden zeer uitvoerig alle nodige contrôlehandelingen beschreven; meer in het bijzonder wordt verwezen naar par. 7600: Bediening echolood.

### *Handloodlijn*

De hennepdouwen loodlijnen, welke, behalve op opnemingsvaartuigen, nog allerwege gebruikt worden, hebben het grote nadeel van voortdurend rekken en krimpen, waardoor ondanks veel contrôlewerk en hernieuwd merken de nauwkeurigheid inboet. Deze loodlijnen worden alleen genoemd, omdat men bij incidentele opnemingen hier misschien mee moet werken. Voor het gebruik legge men de loodlijn enige uren in zeewater, waarna de lijn b.v. in de mast wordt gehesen en van onderen met ballastschuitjes verzwaard om te rekken. Na 12 tot 24 uur de lijn afnemen, in zeewater dompelen en vervolgens merken, c.q. de merken controleren, waarna de loodlijn gebruikt kan worden.

Zelfs met deze omslachtige procedure is dagelijkse contrôle na afloop van het lodingwerk nodig, hetgeen moet geschieden, terwijl de lijn nat is en goed gestrekt. Eventuele onnauwkeurigheden in de verdeling worden bij het lodingwerk van de dag aantekend in het lodingboekje of -register en de loodlijn moet overgemerkt worden.

Het levert gemak op een lang, recht gedeelte van het houten dek op regelmatige afstanden, overeenkomende met de verdeling der loodlijnen, te merken; b.v. door het inslaan van rijen koperen kopspijkertjes. Het controleren en opnieuw merken geschiedt zo het snelste.

### *Handloodlijn met phosphorbronzen hart*

De maximum rek van deze loodlijn bedraagt, zowel droog als nat, slechts 10 cm op 50 m, hetgeen te verwaarlozen is. Zo nu en dan is het slechts nodig te controleren of geen merken verdwenen zijn en de katoendraadvlechting niet doorgeschaveld is.

### *Slaggaard*

Van tijd tot tijd moet gecontroleerd worden of geen scheuren in het hout zijn gekomen en de geschilderde merken niet afgesleten zijn.

### *Lucaslood*

Het telwerk van de Lucas-handlodingmachine kan soms defect raken en moet daarom gecontroleerd worden, evenals de rol, waarover de draad loopt.

Dit kan geschieden door de draad uit te lopen langs een aan de wal met meetlint gemeten basis.

Overigens is het voldoende de bewegende delen vóór vertrek van boord te oliën; als de betreffende schijven niet gemakkelijk lopen, kunnen door het slippen van de lijn over de schijven belangrijke fouten ontstaan. Het roesten van de draad kan moeilijk worden tegengegaan. Na de laatste loding van de dag moeten draad en blanke delen van het toestel echter worden ingevet. De draad wordt gebruikt tot deze breekt. Is het resterende gedeelte lang genoeg voor het te beloden terrein, dan wordt dit zoveel mogelijk gebruikt; anders wordt een nieuwe draad opgewonden.

### *Kelvitelood*

Deze aan boord van het opnemingsvaartuig opgestelde draadlodingmachine wordt gebruikt terwijl het schip vaartloopt. Door met verschillende vaarten een geleidelijk in diepte toenemend zeegebied af te stomen en daarbij tegelijkertijd het echolood en het Kelvitelood te gebruiken, kan een grafiek worden samengesteld, waarbij voor elke vaart en de hoeveelheid uitgelopen draad de diepte wordt aan-

gegeven. Hierbij moet rekening gehouden worden, dat het moment, waarop het Kelvitelood de grond raakt, valt *na* de registratie van het echolood op dezelfde plaats.

Het ijken kan ook geschieden door gebruik te maken van de glazen lodingbuisjes, die boven het lood worden bevestigd en na de loding afgelezen door het buisje langs een houten meetlatje te leggen. Deze wijze is echter vrij onnauwkeurig.

De controle beperkt zich overigens tot het smeren van draaiende delen, het vernieuwen van de lijn na slijtage en het invetten na gereedheid van het lodingwerk op die dag.

#### *Sextant*

Vóór vertrek van boord wordt gecontroleerd of het instrument droog, de spiegels niet verweerd en de verzilverde graadverdeling goed schoon is. Zo nodig moeten de spiegels vernieuwd worden; hun loodrechte stand en de indexcorrectie worden nagegaan en eventueel verbeterd. De doos moet compleet zijn met een pen tot verstellen van de spiegels.

#### **9.1.6 Sloepsinventaris**

Een sloep, die volledig voor alle soorten lodingwerk met kustlijnbepalings is uitgerust, dient de hierna genoemde inventaris aan boord te hebben. De uitrusting voor meer beperkte opdrachten kan hieruit worden afgeleid:

- dreg met dreggetouw
- ballastschuitje van 25 kg met 30 m touw
- vlaggezak, inhoudende seinplankje, witte-, rode-, blauwe-, Nederlandse vlag, wimpel met kruis, misthoorn
- sloepsverbandkistje
- vuurpijlen en vuurpijlatten
- noodrantsoenen
- watertank gevuld met drinkwater
- brandstofolietank geheel gevuld
- smeerolie op peil
- koelwatersysteem geheel gevuld
- accubatterijen geladen
- gereedschappen en reservedelen motor
- 2 boeitjes met  $2 \times 30$  m touw en  $2 \times 12,5$  kg ballast
- 9 zwemvesten
- 6 pagaaien
- bootshaak
- 5 oliejasen
- pompje voor watertank
- enige strengen
- tent met stutten
- 2 loodmatten
- 2 sloepsloodlijnen met lood van 6 kg
- 2 slaggaarden
- 1 echolood
- Lucas-handlodingtoestel met blikje vet
- 4 loodjes van 3 kg voor idem

kompas met lamp  
tekenkistje compleet met passerdoos  
verdeelde liniaal van 40 à 50 cm en gradenboog  
horloge  
navigatielichten  
navigatie-afstandmeter  
2 lodingsextanten  
1 meetsextant (voor meten tuighoogte)  
1 binocle  
mes  
lijst met voorlopige reducties  
stangpasser  
sloepsblad  
tuighoogtetabel  
zeekaart  
2 lodingboekjes  
zaklantaarn  
3 rol echoloodpapier  
gereedschapskistje echolood  
stopwatch.

## 9.2 Plaatsbepaling

### 9.2.1 Algemeen

Voor de plaatsbepaling bij het lodingwerk zijn, behalve de triangulatiebakens, nog meer bakens of kenbare punten nodig, welke vaak met minder nauwkeurigheid behoeven te worden vastgelegd. Men kan dan volstaan met op snijding leggen dezer lodingbakens of door constructie van een snellius, gemeten uit dit baken. Bakens hebben het euvel, dat zij snel stukwaaien en vaak gestolen worden. Indien enigszins mogelijk zal men dus ook gedurende de triangulatie natuurlijke punten, welke ver zichtbaar zijn, op snijding vastleggen om later als lodingpunten te kunnen dienen. Deze snijdingen worden genomen zowel uit de triangulatiebakens als uit de ankerplaatsen van het schip.

Het gebruik van natuurlijke punten is vooral wenselijk, als door omstandigheden de beloding veel later dan de triangulatie plaats heeft (b.v. in verband met het wisselen der moessons). Kenbare natuurlijke voorwerpen hebben voorts dikwijls het voordeel, dat zij veel verder zichtbaar zijn. In Nederland worden bijna uitsluitend natuurlijke punten gebruikt, waarvan de coördinaten zijn opgenomen in de zogenaamde „Puntenlijsten”.

Over het algemeen geschiedt de plaatsbepaling van de lodende sloep of het lodende schip door middel van snelliusmeting; het is echter aanbevelenswaardig om naast deze snellius nog een plaatsaanduiding te hebben, b.v. vermelding dat men in het gestoomde merk is, of een gemeten tuighoogte, of een derde hoek. Deze extra plaatsbepaling is vóóral gewenst voor punten, vanwaar rondmetingen en kustbepalingen worden genomen, alsmede bij het bepalen van de betonning. Voor rondmetingen gaat men bij voorkeur voor dreg.

Het kan voorkomen, dat voor de sloep niet overal op het terrein voldoende punten voor plaatsbepaling ter beschikking staan. Betreft dit gedeelten, waarbij

grote nauwkeurigheid niet nodig is, zoals inbochtigen die voor de scheepvaart van weinig belang zijn, dan kan men tijdig uit sloepsplaatsen, welke door snelliusmeting nog goed bepaald konden worden, enige nieuwe kenbare punten op snijding leggen. Overigens kan aan onvoldoende plaatsbepaling tegemoet gekomen worden door gebruik te maken van het schip. Is echter de gebruikte schaal van het constructieblad groter dan 1 : 50.000, dan verdient dit geen aanbeveling, tenzij voor elke voorliggende koers de nieuwe plaats van de voormast wordt bepaald. De voorliggende koers moet dan elk uur worden opgetekend.

Op terreinen met een gestrekte kustlijn, waar geen lodingpunten op vóórliggende eilanden of riffen voorkomen, zal dit bijna steeds nodig zijn. Onder de wal bevindt zich de sloep alsdan meestal nabij de omgeschreven cirkels der punten, voorzover die aan de kust voorkomen, terwijl meer binnenwaarts gelegen punten in de regel uit zicht zijn.

Somtijds kan het schip dan gebruikt worden door het op een geschikte plaats voor weinig ketting ten anker te leggen en als derde punt te bezigen. Doch dikwijls is ook dan nog geen voldoende plaatsbepaling volgens de snelliusmethode mogelijk. Indien dan naast het schip nog een of ander ver punt zichtbaar is, kan men de hoek meten, welke het schip daarmede maakt, en tevens de tuighoogte. De boog welke bij een dergelijke hoek behoort, loopt op de betrekkelijk kleine afstanden, waarop de tuighoogte-methode bruikbaar is, nagenoeg recht van het schip naar de sloep en staat dus bijna loodrecht op de boog door de afstands-bepaling verkregen.

Is geen ver punt beschikbaar, dan kan de plaats van de sloep bepaald worden door op sein uit de sloep aan boord de hoek tussen de sloep en een der bekende punten te meten en gelijktijdig, in de sloep, de afstand tot het schip met behulp van de tuighoogte te bepalen. De eerste methode heeft op de tweede vóór, dat men in de sloep de gehele plaatsbepaling in de hand houdt en elke plaats op het sloepsblad kan worden afgezet.

Is bij deze methoden de sloep tot de grens gekomen, die de leider gesteld heeft voor afstands-bepaling volgens tuighoogte, dan dient het schip te verstomen naar een volgende geschikte ankerplaats. Zo nodig gaat de sloep daarbij voor dreg en geeft door een afgesproken sein kennis, wanneer die grens wederom bereikt is.

Kan het schip niet ankeren wegens te grote diepte, dan stoomt het evenwijdig met de kust — terwijl onder de wal de sloep lodingslagen legt — met deze mede en zorgt steeds binnen tuighoogte afstand van de sloep te blijven. Op sein van deze wordt het schip op snellius gelegd (gelood) en de richting van de sloep door hoekmeting bepaald. Gelijktijdig wordt in de sloep de tuighoogte gemeten. Voor constructie van de sloep dient dan telkenmale eerst de bijbehorende plaats van het schip geconstrueerd te worden.

### 9.2.2 Snelliusmeting

De constructie van twee of meer cirkels, waarop het schip zich bevindt en welke door hoekmeting worden bepaald, is in par. 8.6 beschreven. Voor nauwkeurige plaatsbepaling moet de snijding der bogen gunstig zijn; deze wordt beheerst door de keuze der gemeten punten. Gedurende het lodingwerk is de leider dan ook steeds waakzaam bij het uitzoeken van de beste snellius.

Zo mogelijk houde men de snijding boven 40°. Een snijding van 90° is ideaal, van 40° tot 20° desnoods toelaatbaar, minder dan 20° echter ontoelaatbaar.

De snijdingshoek van een snellius in punt D op drie punten A, B en C is gelijk aan  $\angle D + \angle B - 180^\circ$  (fig. 9.2).

Hoeken kleiner dan  $30^\circ$  trachte men in elk geval te vermijden, tenzij het punt van meting dicht bij de bakens ligt en (of) één der constructiemethoden voor de

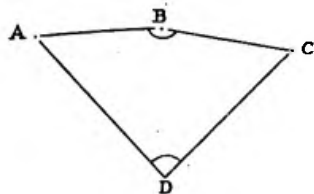


Fig. 9.2

kleine hoek kan worden toegepast, waarbij dus in elk geval één der hoeken van voldoende grootte moet zijn om op de normale wijze geconstrueerd te worden.

Ten overvloede wellicht zij er hier op gewezen, dat de invloed van fouten in het afzetten van hoeken boven  $150^\circ$  veel geringer is dan die in hoeken kleiner dan  $30^\circ$ . Dit blijkt duidelijk bij het afzetten. Immers de snijpunten van de *bogen* van  $30^\circ$  en  $0^\circ$  met de middelloodlijn zijn oneindig ver van elkaar verwijderd, aangezien de laatste oneindig ver weg is, terwijl be-

doelde snijpunten van de *bogen* van  $150^\circ$  en  $180^\circ$  met de middelloodlijn dicht bij elkaar gelegen zijn, omdat de laatste op de verbindingslijn ligt.

Als hulpmiddel om dadelijk uit het sloepsblad een goede keuze van punten te doen, kunnen de volgende regels dienen, welke echter slechts gelden voor een snellius op drie opeenvolgende punten A, B en C (fig. 9.2):

1. een snellius op drie in één lijn liggende punten is altijd goed, als men niet te dichtbij is;
2. idem als middelste punt naar voren uitspringt; met een achterwaarts gelegen middelste punt zij men op zijn hoede;
3. een plaats *in* de driehoek ABC is altijd goed, hoewel practisch soms moeilijk te meten en te construeren;
4. men heeft steeds goede snijding, als één hoek zeer weinig en de andere hoek zeer snel verandert;
5. men neemt liefst geen al te ver uit elkaar gelegen punten, omdat de constructie dan omslachtiger en onnauwkeuriger wordt, en om dezelfde reden geen zeer kleine of zeer grote hoeken. Men vermijde eveneens punten met groot hoogteverschil.

Het is duidelijk dat bij overigens gelijke omstandigheden, dus bij gelijke snijdingshoeken der bogen, de plaatsbepaling zuiverder geconstrueerd kan worden naarmate de punten dichterbij gelegen zijn.

De aandachtige tekenaar *ziel* bij het trekken der bogen de verkregen nauwkeurigheid van zijn werk en de invloed van een ongunstige of gunstige boog; hij slijpt daaraan, onwillekeurig, zijn begrip van wat toelaatbaar is, en wat niet. Daarom is ook het constructiewerk zeer leerzaam voor de opnemer.

Indien een snellius bestaat uit twee kleine hoeken, wordt soms de beste snijding verkregen door één der hoeken, en de som, dus door boog AB en boog AC. In zulk een geval meet men altijd de hoeken welke geconstrueerd zullen worden, dus *niet* de hoeken AB en BC, maar de hoeken AB en AC.

Het is geen vereiste de beide hoeken te meten tussen drie punten, welke een driehoek vormen; men kan ook twee hoeken meten, waarvan elk betrekking heeft op twee afzonderlijke punten, zoals b.v. in de figuren 9.3 en 9.4.

In fig. 9.3 zijn voor de waarnemer in D de hoeken AC, CB en BE te klein, hij meet derhalve AB en CE; in fig. 9.4 is hoek BC te groot, daarom meet hij AB en CE.

Men heeft nu steeds goede snijding als de verbindingslijnen der punten een uitspringende hoek vormen, in een rechte lijn liggen of een inspringende hoek vormen, en men in het laatste geval binnen de loodlijnen staat. In het algemeen ook, wanneer bij niet te groot verschil van straal het middelpunt van de ene cirkel valt bij de omtrek van de andere.

Het afzetten der snelliussen tijdens de tocht met een gradenboog geeft een voortdurende controle op de snijding der bogen en dus op het al of niet voldoen der plaatsbepaling. Om die reden is het gebruik van dit instrument op het sloeps-

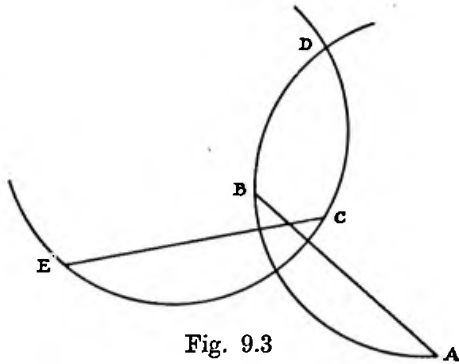


Fig. 9.3

blad boven dat van een plaatspaser (stationpointer) aan te bevelen.

Zo mogelijk kiezen men punten, welke lang gebruikt kunnen worden. In de eerste plaats geeft dit gemak tijdens de tocht, omdat men de sextanten op de hoeken kan laten staan; in de tweede plaats tijdsbesparing bij het uitwerken der lodingslagen op het constructieblad, omdat men de proportielini-

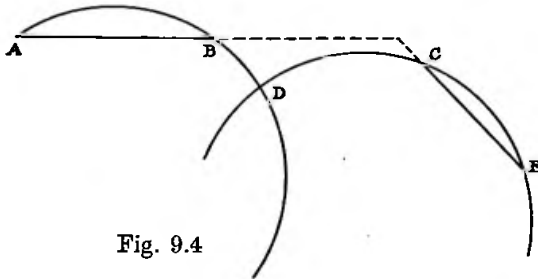


Fig. 9.4

alen niet telkens behoeft te verleggen, c.q. nieuwe loodlijnen behoeft te trekken.

Als een vaste gewoonte wenne men zich aan de hoeken te benoemen door de punten te vermelden, zoals zij zich van links naar rechts voordoen.

### 9.2.3 Tuighoogte en snijding

Behalve door snelliussmeting kan de plaats van de lodende sloep ook worden vastgelegd door twee bakens in elkaar met één gemeten hoek (eigenlijk is dit een normale snellius, waarvan een der hoeken  $0^\circ$  is) of een afstandmeting op één punt met een gemeten hoek (de afstand kan hier rechtstreeks met een afstandmeter bepaald zijn — hetgeen zelden voorkomt — of gevonden uit de gemeten tuighoogte van het schip of een geankerde sloep met topteken, de z.g. „pool”).

Bij bovenstaande werkwijzen geschiedt de gehele plaatsbepaling vanuit de sloep. Men kan zo nodig echter ook vanuit de lodingsloep slechts één hoek of de tuighoogte meten en zich door een waarnemer op het schip, in de verankerde sloep met topteken of vanuit een baken op een afgesproken sein tegelijkertijd laten snijden.

Het verzoek om snijding moet tijdig aan het schip gevraagd worden (per afgesproken vlaggesein), zodat de uitkijk aan boord gelegenheid heeft een waarnemer te waarschuwen. De uitkijk hijst het contrasein half voor en zodra de waarnemer gereed is, geheel voor. Bij het neergaan van de vlag op de sloep wordt aan boord



het contrasein half neergehaald en gelijktijdig op het schip en in de sloep gemeten, waarbij de tijd precies genoteerd wordt. Na gereedheid van de noodzaak de sloep te doen snijden, wordt daar met de vlag afgezwaaaid en aan boord het contrasein neergenomen.

Een groot nadeel van deze wijze van plaatsbepaling is, dat men eventuele fouten in de metingen niet dadelijk kan opsporen, omdat constructie niet mogelijk is. Ook is hierdoor het ontstaan van „heilige dagen” in het lodingwerk niet altijd te vermijden, omdat het gehele werk „op het oog” moet geschieden. Bij het gebruik van radiotelefonie vervallen deze bezwaren voor een groot gedeelte, doch altijd blijft het nadeel dat beslag wordt gelegd op een extra waarnemer. Werkende ver in zee of vlak onder de kust, als uit de sloep geen andere bakens zijn te zien, is dit echter de enig mogelijke methode. Om het sloepsblad toch zo goed mogelijk bij te houden, peilt men dan over het kompas de richting van het schip, indien dit ten anker ligt.

De tuighoogte dient met de meetsextant bepaald te worden.

De vraag kan gesteld worden tot welke afstand men met tuighoogtemeting gaan kan. Ter beantwoording wordt de formule  $x = h \cotg \alpha$ , waarin  $x$  de afstand,

$h$  de tuighoogte en  $\alpha$  de gemeten hoek, gedifferentieerd naar  $\alpha$ , gevende  $dx = -\frac{h}{\sin^2 \alpha} d\alpha$  (het negatieve teken in het 2e lid heeft voor het hier beoogde doel geen betekenis en wordt daarom verder weggelaten).

Aangezien  $\alpha$  steeds een kleine hoek is, kan men stellen:  $\sin \alpha = \frac{h}{x}$ . Drukt men nu verder  $d\alpha$  uit in boogseconden, dan is  $dx = \frac{hx^2}{h^2} \times \frac{d\alpha}{206265}$ .

Hieruit wordt gevonden:  $x^2 = 206265 \frac{h dx}{d\alpha}$  of:

$$x = 454 \sqrt{\frac{h \cdot dx}{d\alpha}} \quad \left\{ \begin{array}{l} x, h \text{ en } dx \text{ in meters,} \\ d\alpha \text{ in boogseconden.} \end{array} \right.$$

*Voorbeeld:* Gevraagd wordt op welke maximale afstand  $x$  men de tuighoogtemethode nog mag gebruiken, als  $h = 30$  m en de meetnauwkeurigheid van  $\alpha$  gesteld wordt op  $d\alpha = 40''$ , terwijl men de eis stelt, dat  $x$  gevonden moet worden met een nauwkeurigheid van  $dx = 50$  m (overeenkomende met 0,5 mm op schaal 1 : 100.000).

Deze waarden substituerende in bovenstaande formule, wordt gevonden:  $x = 2781$  m, overeenkomende met ruim 90 tuighoogten.

Dit aantal kan in het algemeen wel aangenomen worden. Behalve nauwkeurige meting met een triangulatiesextant, zorg men voor een goed bepaalde tuighoogte en voor een scherpe kleurafscheiding van het tuighoogtemerk op de boordwanden van het schip. Meten op de waterlijn dient niet te geschieden, aangezien de afscheiding dikwijls niet scherp te zien is, terwijl een veranderde diepgang de tuighoogte doet veranderen. Het schip moet recht liggen, omdat slagzij een foutieve afstand doet vinden.

Een tuighoogtetabel met geschikte opklimmingen in afstand berekend, op een plankje geplakt en gevernist, dient in de sloep te worden meegegeven.

De rol van het geankerde schip kan ook door een sloep vervuld worden. Is daarbij tuighoogtemeting nodig, dan moet de mast van de sloep door een lichte bamboe zoveel mogelijk verlengd worden. Het is duidelijk dat men onder een gestrekte kust op deze wijze niet snel zou opschieten. Men zal dan ook alleen een

sloep gebruiken voor speciale doeleinden, b.v. voor rivieropnemingen, wanneer aan het gebruik van het schip bezwaren zijn verbonden, of voor opnemingen van kleine inhammen, waarbij de kust nergens verder dan de toelaatbare afstand van de in het midden verankerde sloep verwijderd is.

Bij de opneming van Kaju Pangang, een paar kleine eilandjes liggende op een ongeveer ronde droogvalling met een middellijn van  $\pm 1$  zm nabij Kalao Tua, werd de methode toegepast met behulp van een baken van 12 m hoogte.

De tuighoogtemethode is somtijds, noodgedwongen, zeer ver doorgevoerd. Indien een gevaar ver in zee en buiten zicht van de wal gelegen, moet worden bepaald, kan men als volgt handelen: Men ankert met het schip zó ver in zee, tot men van top nog juist plaatsbepaling op de wal heeft. De sloep stoomt daarna zeewaarts in de richting van het gevaar, gaat nabij de grens van tuighoogteafstand voor dreg, meet de tuighoogte zo nauwkeurig mogelijk en wordt door het schip gepeild. Daarna verstoomt het schip en gaat zeewaarts van de sloep, wederom nabij de grens van tuighoogteafstand ten anker, peilt de sloep, terwijl deze de tuighoogte meet. Men herhaalt deze manoeuvre totdat het doel bereikt is. Is de opnemingsarbeid ter plaatse geëindigd, dan gaat men voor contróle op dezelfde wijze weder terug.

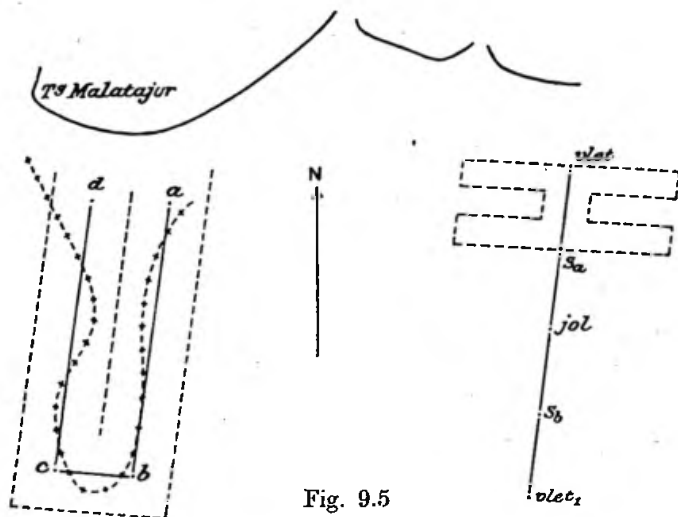


Fig. 9.5

Als voorbeeld van toepassing der boven beschreven methode kan de opneming der bank van Malatajur genoemd worden. Deze bank, steekt beW. Bandjermasin ongeveer 65 km van de Zuidkust van Borneo uit en is van een vorm als aangegeven door de lijn met afwisselende streepjes en kruisjes (fig. 9.5).

Aangezien de bank circa 15 km breed is en men met het schip niet op ondiep water wilde komen, werd de opneming als volgt uitgevoerd.

Bij a kon nog net plaatsbepaling voor het vertuide schip op de bakens van de kust verkregen worden. Vervolgens werden in een lijn NtO.—ZtW. de vlet en de jol op  $\pm 2500$  m van het schip gelegd en elk dezer vaartuigen eveneens door twee dreggen verankerd. De plaatsen van de sloepen werden op tuighoogte en astronomische peiling ten opzichte van het schip bepaald en vervolgens werd door

beide stoomsloepen het terrein aan weerszijden tot ongeveer 7 km van de lijn opgelood, waarbij voor snelliuspunten de drie verankerde vaartuigen dienden.

Nadat de beloding tot dwars van de jol gevorderd was, verstoomde het schip naar  $S_b$  en werd bepaald op de jol; de vlet werd in de nieuwe positie gebracht en de beloding daarna voortgezet.

Op die wijze werd de gehele lijn abcd door het schip met de jol en de vlet afgelegd, waarbij het schip 20 maal verplaatst werd. Tenslotte werd bij d wederom plaatsbepaling op de bakens verkregen, waaruit een misgissing bleek van 797 m. Het verschil werd gelijkmatig verdeeld over de verschillende ankerplaatsen der drie vaartuigen.

Het verkregen resultaat mag voor het beoogde doel aanvaardbaar worden genoemd, vooral als men in aanmerking neemt, dat tussen de punten a en d een tijdsruimte van 19 dagen lag en het weder dikwijls vrij ongunstig was.

Indien — wat helaas niet het geval is geweest — men op de Zuidelijkste ankerplaats een uitvoerig astronomisch bestek genomen had, voornamelijk breedtebepaling, zou een belangwekkende vergelijking verkregen zijn betreffende de nauwkeurigheid der beide methoden van plaatsbepaling.

Het bovenstaande is één van de weinige gevallen, waarin kompaspeilingen bij een opnemng aanvaard mogen worden. Als regel vermijdt men deze zoveel mogelijk en gaat er slechts in uitzonderingsgevallen toe over. Alsdan zorgt men echter voor een nauwkeurige foutentabel.

In 1937 is deze Malatajurbank opnieuw opgenomen; de plaatsbepaling werd geheel gebaseerd op triangulatie met drijfbakens, welke in een brede strook van driehoeken, te zamen 34 bakens, rondom de bank werden verankerd en waarvan de richting door middel van astronomische peilingen werd gecontroleerd (hetgeen in verband met de overigens gedwongen onnauwkeurigheid van werken een misplaatste nauwkeurigheid kan worden genoemd). De hoeken werden steeds van het schip af, dus een flink stuk buitenbaaks, gemeten en later hiervoor gecorrigeerd. De drijfbakens lagen ongeveer op 7 zm afstand van elkaar. Deze methode met drijfbakens heeft het nadeel, dat zij tijdrovender is dan de tuighoogtemethode en meer onderhevig aan weersomstandigheden, verdrijvende bakens, enz.; zij had boven de tuighoogtemethode het vóórdeel, dat een veel breder strook werd bebakend en dus met schip en sloepen tegelijkertijd kon worden gelood, terwijl de grenzen van het op te loden gebied bij de tuighoogtemethode vrij nauw getrokken werden door de tuighoogte (30 m, dus tot ongeveer 3000 m afstand) van het schip en de zichtbaarheid van de tijdelijk verankerde vletten, welke als hulppunt werden uitgelegd. Van uit de sloep konden deze vaartuigen slechts tot 3 à 4 zm afstand worden gezien.

Het resultaat was als volgt: bij een der zuidelijkste bakens werd een astronomisch stersbestek genomen door vier officieren, door ieder afzonderlijk berekend uit zes stershoogtelijnen, iedere hoogtelijn uit een serie van 4 hoogten. De astronomische plaatsbepaling verschilde slechts 6 m van de getrianguleerde plaats.

Daarna werd wederom om de Noord gaande met drijfbakens doorgetrianguleerd tot een plaatsbepaling op de wal werd verkregen, welke 12 m in breedte en 96 m in lengte fout bleek te zijn. Deze uitkomst is uiterst gunstig, veel gunstiger dan van deze methode mag worden verwacht, zodat zij geen maatstaf is en slechts aan een toevalstreffer moet worden toegeschreven.

In analoge omstandigheden zou thans met succes de spandraadafstandmeter („taut wire gear”) kunnen worden gebruikt.

### 9.2.4 Gegist bestek

De oploeding van een zeegedeelte met het schip buiten zicht van land geschiedt zoveel mogelijk door voortzetting van slagen, waarvoor nog plaatsbepaling door snelliusmeting mogelijk is. Op de uiterste grens van meting gekomen, zij het van een enkele hoek tussen twee kenbare punten, gepaard met een kompaspeiling, zet men de slag met dezelfde koers door. Is de slag niet te lang en worden geen sterk afwijkende diepten aangelood, dan legt men hem verder volgens gegist bestek voorlopig vast, maakt, aan het einde van de slag gekomen, een dwarsslag en daarna weder een slag naar binnen, bepaalt zo spoedig mogelijk de plaats op de bekende punten en corrigeert de gegiste slagen volgens de uitkomsten van deze plaatsbepaling.

Zijn echter de slagen zo lang, dat voor te grote overblijvende afwijkingen gevreesd moet worden, dan moet de plaatsbepaling door astronomische waarnemingen worden aangevuld. Ook dan blijft een nauwkeurig gegist bestek van belang. Hoe ver men gaan kan met het aangegeven gebruik van gegist bestek, hangt in sterke mate af van de dieptegesteldheid van het terrein. Is de zeebodem egaal vlak met flauwe, gelijkmatige helling naar de 200 m lijn en de grondsoort overal dezelfde, dan kan men daarmee veel verder gaan dan bij sterke ongelijkheid van diepte en grondsoort. Vindt men gevaren, dan zorgt men echter voor een nauwkeurige vastlegging van deze, hetzij door astronomische observaties, hetzij door vastlegging aan het triangulatiernet der opneming, waarbij zo nodig van drijfbakens gebruik wordt gemaakt, hetzij met elektronische hulpmiddelen of met de spandraadafstandmeter.

Het is aan te bevelen bij het doen van lodingslagen in open zee zo weinig mogelijk koersveranderingen uit te voeren, omdat deze het vastleggen der slagen en het gelijkmatig beloden van het terrein bemoeilijken. Voorts dient men nu en dan tij te stoppen ter bepaling van richting en sterkte van de stroom. Op grond van alle gegevens legt men tenslotte de slagen op het constructieblad vast.

Men bedenke, dat door het thans vrij algemeen ingevoerde echolood bij de scheepvaart een nieuwe methode van plaatsbepaling door middel van dit instrument ingang heeft gevonden, zodat de dieptelijnen in grotere diepte — in de eerste plaats groter dan 200 m, maar ook eventuele geulen in diepten van 100 of 50 m — voortaan op de kaart nauwkeuriger moeten worden aangebracht dan vroeger wel nodig geoordeeld werd. Hieraan zal, indien dergelijke geulen en dieptelijnen kenmerkend zijn, de opnemer meer aandacht moeten schenken dan vroeger geschiedde.

Het terugvallen op gegist bestek behoort dan ook tegenwoordig niet meer voor te komen.

Tenslotte zij vermeld, dat op de Nederlandse kust de zichtbaarheid van vuurtorens bij heilig weer vaak belangrijk vergroot kan worden door de lichten te ontsteken (hetgeen op radiografisch verzoek kan geschieden), waardoor het lodingwerk langer voortgang kan vinden.

In alle gevallen zorgt men een goed gecalibreerde log te gebruiken, terwijl voor zover mogelijk eventueel veranderlijke invloed van de wind geëlimineerd moet worden.

### 9.2.5 Astronomisch bestek

Gewoonlijk zal al het lodingwerk door plaatsbepaling op de wal of op drijfbakens worden vastgelegd, terwijl men voor de buitenkant van het te beloden gebied over kleine afstanden desnoods zijn toevlucht kan nemen tot een gegist bestek.

Worden de afstanden, waarover het gegist bestek moet worden gebruikt, echter groter, dan moeten alle hulpmiddelen te baat worden genomen om dit bestek te verbeteren. Zonder aanwezigheid van een spandraadafstandmeter of elektronische navigatiemiddelen zal men dan het astronomisch bestek benutten.

De beloning van de Zuid-Chinese Zee beOosten de Natuna eilanden, waar geen getijstroom heerst en waar de diepten vrij groot en gelijkmatig zijn, geschiedde geheel op astronomische plaatsbepaling en gegist bestek. Men vermeerde koersverandering gedurende een slag; meridiaansdoorgangen van de zon en van Venus overdag, regelmatig hoogtelijnen van de zon en sterschemeringsbestekken op de ankerplaatsen leverden de plaatsbepaling, nadat de Natuna eilanden uit het zicht waren verdwenen en vóórdat deze weer voor plaatsbepaling dienst konden doen.

Eveneens werd in 1937 het gehele zeegedeelte beNoorden Suriname tot de 200 m lijn op gegist en astronomisch bestek opgelood. Bij het gegist bestek moest de waarde van de stroom wel degelijk in rekening worden gebracht; op de ankerplaatsen, des nachts, werd daarom van stroomwaarnemingen veel werk gemaakt. Deze lodingsarbeid moet overigens gekenschetst worden als zeer ruw werk, dat alléén aanvaard werd, omdat de zeebodem aldaar buitengewoon vlak en regelmatig oplopend is, óók omdat er geen uitzicht bestond om hieraan meer tijd te kunnen besteden, en de toen uitgegeven kaart (no. 217) verouderd en ten enenmale onvoldoende was.

In verband met de onbekende invloed van de stroom zal men het verzeilen van hoogtelijnen zoveel mogelijk moeten vermijden. Onder gunstige omstandigheden zijn (practisch) gelijktijdige waarnemingen van de zon en Venus mogelijk, terwijl bij ochtend- en avondschemering een volledig stersbestek moet worden genomen. Hierbij gaat men bij voorkeur ten anker om het verzeilen der hoogtelijnen te voorkomen; bovendien krijgt men gelegenheid stroomrichting en -sterkte te bepalen.

Is het niet mogelijk de stroomgegevens door ankeren te verkrijgen (b.v. op diep water), dan kunnen deze ook worden afgeleid uit de bestekken, mits koers (verbeterd voor wraak door de wind) en vaart met juistheid bekend zijn. Een volledig stersbestek, gecombineerd met een tweetal hoogtelijnen van de zon, maakt het ook mogelijk stroomrichting en -sterkte te bepalen *mits de stroom constant is*.

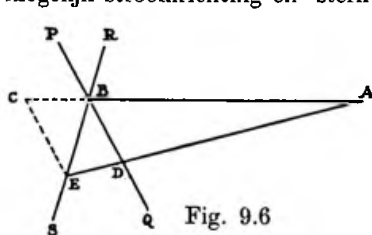


Fig. 9.6

Zij daartoe in fig. 9.6 A de ware plaats verkrijgen uit een stersbestek, PQ en RS twee hoogtelijnen van de zon. Het stersbestek en de tweede hoogtelijn RS zijn verzeild naar het tijdstip dat hoogtelijn PQ genomen werd. De afstand AB tot het snijpunt der beide hoogtelijnen is dus de berekende stroom over het tijdvak van A tot PQ. Aangezien in de verzeiling van RS naar het tijdstip PQ geen stroom in rekening is ge-

bracht, verlengt men AB met een stuk  $BC = \frac{\text{duur verzeiling van PQ naar RS}}{\text{duur verzeiling van A naar PQ}} \times AB$

en trekt door C een lijn evenwijdig aan hoogtelijn PQ tot het snijpunt E met de andere hoogtelijn, waarna AD de werkelijke stroom over het tijdvak van A tot PQ en DE de werkelijke stroom over het tijdvak van verzeiling van RS naar PQ voorstelt.

Uitdrukkelijk zij nogmaals onderstreept, dat het bovenstaande slechts geldt bij constante stroomsterkte en -richting.

In gebieden met veranderlijke stroom mag deze methode niet worden toegepast.

Aangezien een astronomisch bestek bepaald wordt uit hoogtemetingen boven

de schijnbare kim, wordt iedere hoogtelijn zoveel fout gevonden als de fout in de kimduiking bedraagt. Deze fouten kunnen aanzienlijk zijn; in de tropen komen fouten in de kimduiking van 1' à 2' herhaaldelijk voor, vooral bij windkracht  $\leq 3$ . Eén enkele hoogtelijn kan diengevolge 1 à 2 m fout liggen, terwijl de daardoor ontstane fout in een astronomisch bestek uit 2 hoogtelijnen bij een snijdingshoek van  $90^\circ$  nog  $\sqrt{2}$  maal groter is en bij andere snijdingshoeken een factor  $\sqrt{2} \times \text{cosec } \theta$  (waarin  $\theta$  = snijdingshoek) groter dan de fout in de kimduiking.

Meet men bij een stersbestek hoogten in over  $360^\circ$  zo regelmatig mogelijk verdeelde azimuthale richtingen, dan zal — vooropgesteld dat de fout in de kimduiking in alle richtingen gelijk is — dit soort van fouten geëlimineerd worden door het zwaartepunt van de door de hoogtelijnen gevormde figuur als ware plaats aan te nemen.

De nauwkeurigheid van een astronomisch bestek kan dus niet hoog aangeslagen worden; zelfs bij normale kimduiking — waaromtrent men echter zelden zekerheid heeft — is de te verwachten nauwkeurigheid zeker niet beter dan 0,3 zeemijl.

Het verdient steeds aanbeveling de kimduiking te meten met sextant met pentaprisma. Deze methode veronderstelt gelijke kimduiking in 2 diametrale richtingen, waaromtrent echter nimmer zekerheid bestaat; zij eist bovendien grote geoefendheid.

Het onderwerp verbetering van het gegiste bestek uit astronomische waarnemingen is uitvoerig behandeld in de publicatie no. 111 van het Kon. Ned. Met. Instituut: „Stroomberekening uit zonsbestekken”, verschenen in 1949.

De onzekerheden, die bij veranderlijke stromen optreden, maken het echter in het algemeen niet gewenst voor hydrografische doeleinden de in genoemd werk besproken methoden toe te passen.

### 9.2.6 Electronische plaatsbepalingsmiddelen

De electronische methoden van plaatsbepaling worden behandeld in hoofdstuk XII.

Zij openen de mogelijkheid tot nauwkeurige plaatsbepaling tot op grote afstanden buiten zicht van land en tevens onder omstandigheden van slecht zicht.

## 9.3 Lodingwerk

### 9.3.1 Het leggen der slagen

Lodingslagen worden over het algemeen ongeveer loodrecht op de dieptelijnen gelegd, dat wil dus in vele gevallen zeggen: loodrecht op de kust. Brengt men met korte puntslagen een steile kust of koraalbank in kaart, dan heeft de wijze als voorgesteld door de linker slag van fig. 9.7 de voorkeur boven de rechter slag, omdat men met de linker slag sneller afgedraaid is en deze manier dus veiliger is. Voorts kan een schuine slag op een (onzichtbare) 200 m lijn verrassingen opleveren, als deze lijn verder naar buiten ligt dan men dacht.



Fig. 9.7

Overigens zal de wijze van het leggen der slagen op elk terrein weer anders zijn. In Nederland bijv. zijn de kustlijnen bijna overal door dijken gevormd en dus

onveranderlijk en reeds bekend; in Indonesië kan het in kaart brengen der kustlijn (gemiddelde hoogwaterlijn) van invloed zijn op het leggen der slagen.

Moet men onder een gestrekte kust met gelijkmatig verlopende diepten een strook van tamelijk grote breedte beloden, dan wordt meestal de voorkeur gegeven

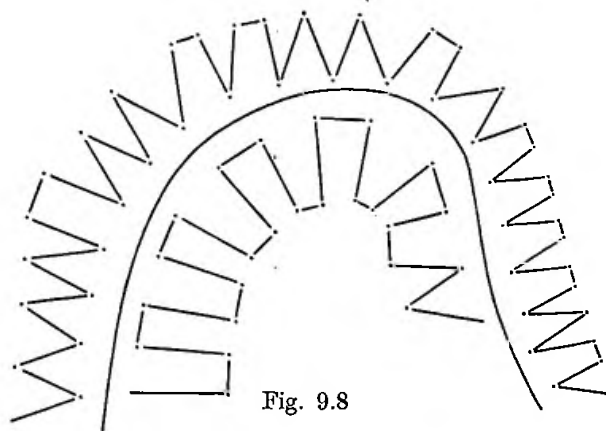


Fig. 9.8

aan loodrecht op de kust staande, evenwijdigeslagen, zgn. „hondenhokken”. Is de strook smal of moet een niet te breed vaarwater belood worden, dan worden zigzagslagen, zgn. „puntslagen”, veelal verkozen, welke gemiddeld normaal op de strekking van de kust of van het vaarwater staan. Zijn deze slagen ongelijk in lengte, omdat men door de terreinomstandigheden genoopt wordt verder door te lopen dan aanvankelijk bedoeld was en wil men aan

een vaste koersverandering in de draaipunten blijven vasthouden, dan zou de beloding ongelijkmatig worden. Het is in dat geval beter een dwarsslag terug te maken en de slagen elkander te laten kruisen, zoals fig. 9.9 aangeeft, dan het koersverschil van de volgende slag met de vorige te verkleinen.

Is de algemene strekking der kust of van het op te loden vaarwater niet recht doch gekromd, dan moet de richting der lodingslagen met die van de kust of het vaarwater mee veranderen. Rond een hoek werkende, kan men dit doen door bij

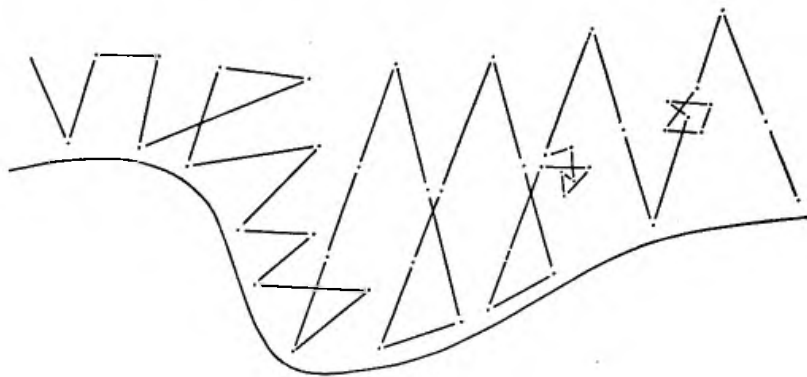


Fig. 9.9

de evenwijdige slagen de buitendwarsslagen wat groter, de binnendwarsslagen wat kleiner dan de normaalafstand te maken; bij de zigzagslagen door in de buitendraaipunten nu en dan een meer of minder grote dwarsslag te maken. In een bocht werkende, handele men andersom (fig. 9.8 en 9.9).

In het algemeen hebben evenwijdige slagen vóór, dat ongelijke lengte de gelijkmatigheid van beloding niet verstoort, dat in de draaipunten minder wordt afgeweken van de lodingslagen en dat de lodingen regelmatig over het terrein verdeeld worden, terwijl de dieptelijnen meer loodrecht worden gesneden dan bij zigzagslagen. Men legt voor de eerste een grotere weg met de sloep af en het juist leggen der slagen eist meer vaardigheid dan voor de laatste. Kan men geen merken stomen, dan verkrijgt men groter regelmatigheid met zigzagslagen, door daarbij steeds dezelfde koersen te houden. Bij lange slagen vallen echter grote gedeelten nabij de draaipunten zeer dicht bij elkaar. Meestal zal men naar omstandigheden beide soorten naast en door elkander toepassen.

Ter bespoediging van het werk is het gewenst zo mogelijk met de stroom mede te werken, zodat de voortgaande richting der opneming met die van de stroom samenvalt. Is deze sterk, dan is het aan te bevelen op punten, waarin voor loding of meting gestopt wordt, in de stroom op te draaien om de sloep over de grond zo weinig mogelijk van plaats te doen veranderen. Om de mate van verdrijving te kunnen beoordelen, late men het lood met enige loos op de grond liggen (c.q. slaggaard in de modder steken). Zigzagslagen makende, kan het gewenst zijn een snellius vóór en na de draai te nemen. (Bij sloepen met „Kitchen”-roer is dit niet nodig.)

Alhoewel het regelmatig leggen der slagen voor een economische, gelijkmatige beloding van veel belang is, vermijde men daaraan te veel aandacht te geven en daardoor andere nog belangrijker zaken, zoals een scherpe uitkijk, goede contróle en het acht geven op passeren van dwarsmerken en mogelijke merklijnen min of meer te verwaarlozen.

Loodt men een ondiepte aan of ziet men buiten de route van de sloep een kleine verkleuring, dan dient men de slag dadelijk met een snellius af te breken en alvorens verder te gaan eerst het gevaar te onderzoeken, opdat het niet meer verloren ga. Het is voorgekomen dat kleine, steile gevaren, welke reeds aangelood waren, met grote moeite teruggevonden werden, omdat men hun bepaling tot later uitstelde. Voor gevaren van grote uitgestrektheid bestaat deze kans uit de aard der zaak niet; bepaling van deze kan men dus desgewenst uitstellen.

Heeft het gevaar een grote uitgestrektheid in één richting, dan doet men het beste, na het onderzoek naar de minste diepte, zigzagslagen en één of meer langslagen er over heen te leggen; is het in alle richtingen uitgestrekt, dan lode men het volgens de gewone regelen op, de slagen daarbij nauwer dan in dieper water leggende. Hoofdzaak blijft de bepaling van het plekje met het minste water. Kan men er met de sloep niet komen, dan bepale men de ondiepte door zigzagslagen naar en van de rand. Staat er branding op, dan is het aanbevelenswaardig het gevaar eerst door een randslag in te sluiten, zo dicht bij de branding als men goedschiks komen kan, en daarna met zigzagslagen te loden tussen deze slag en de normale diepte. Men zij er op bedacht, dat de plaats van de brekers niet altijd dezelfde is!

Het is van groot belang de werkelijke minste diepte te leren kennen op die gevaren, welke door schepen niet noodzakelijk gemeden behoeven te worden (deze diepte moet uiteindelijk door dreggen zeker gesteld worden). Welke diepte daarvoor als grens gesteld moet worden en welke ondiepten daartoe gerekend moeten worden, hangt af van de gehele gesteldheid op het terrein en van hun ligging in verband met de omgeving. Voor gevaren met kleiner diepte is vooral van belang of zij droogvallen of niet. Behalve bij het onderzoek met het lood, dient men hierop te letten tijdens het gehele verblijf van het schip op het terrein, omdat een verkeerde slotsom



dienaangaande niet alleen veroorzaakt kan worden, doordat tijdens de oploding niet de kleinste diepte is gevonden, doch ook tengevolge van een minder juiste vaststelling van het reductievlak.

Indien men een zeegebied moet beloden, waar weinig of geen gevaren verwacht worden en waar men dus voornamelijk het algemeen bodemreliëf opneemt, of wanneer men terreinen oploodt zó ver uit de kust gelegen, dat de sloepen geen plaatsbepaling meer hebben, dan worden vaak met schip en sloepen gelijktijdig evenwijdige slagen gelegd, waarbij het schip door de hoge opbouw nog gelegenheid vindt plaatsbepaling op de wal uit te voeren en dus voor de algemene navigatie kan zorgen, en de sloepen hun plaats uitsluitend bepalen door tuighoogtemeting en dus afstand van het schip, terwijl hun richting van het schip uit wordt gemeten of gepeild.

Met enkele vooraf vastgestelde eenvoudige seinen regelt het schip de bewegingen der sloepen. De afstanden, waarop dergelijke slagen gelegd worden, worden o. a. beïnvloed door de ooghoogte der uitkijken; de slagen tussen twee sloepen onderling zullen dus nauwer gelegd worden dan tussen sloep en schip of tussen schip en schip.

### 9.3.2 Onderzoek van riffen en verdachte plekken

Aan het lodingwerk door regelmatig gelegde lodingslagen wordt de nodige uitbreiding gegeven voor het nauwkeurig onderzoeken en in kaart brengen van verdachte plekken en van signaleerde riffen en gevaren.

Zulk een onderzoek, waarbij een tijdelijk gelegd drijfbaken groot gemak oplevert voor de overzichtelijkheid van de arbeid, moet steeds worden voortgezet tot het bodemverloop weer normaal is; de lodingslagen worden zo ver voortgezet tot de omringende dieptelijnen van 5 m, 10 m, eventueel 20 m, kunnen getrokken worden; bij plaatselijke contrôlearbeid, zoals in rivieren en zeearmen, zet men het lodingwerk voort tot men weer aansluiting heeft met de bestaande kaart.

Dit onderzoek zal voortvloeien, hetzij uit aanwijzingen van plaatselijk bekenden, hetzij uit oude kaarten of luchtfoto's, uit aanwijzingen van uitkijk of asdic, of uit abnormaal grote of kleine diepten in een lodingslag.

Men legt daarbij het drijfbakentje met lijn en ballast ten anker op de verdachte plek en legt de plaats met minstens 3 bogen vast. Vanaf het boeitje legt men sterslagen in verschillende kompasrichtingen en bepaalt, aan de rand van het rif gekomen, de plaats met behulp van kompaspeiling en geschatte of met afstandmeter gemeten afstand tot het boeitje. Is de afstand hiervoor te groot, dan neme men een snellius.

Is de omtrek op deze wijze voldoende bepaald, dan zoeken men tenslotte naar de minste diepte. Bij helder water op een rif geschiedt dit zoeken op het oog; in andere gevallen onderzoeken men de plaatsen met de sterkste verkleuring of stroomrafeling. Bij de laatste moet men steeds bovenstrooms van de rafeling de minste diepte zoeken.

Bij het houden van uitkijk naar verdachte plekken bedenke men, dat het zien van ondiepten van zeer vele omstandigheden afhankelijk is. In de eerste plaats natuurlijk van de helderheid van het water en de stand van de zon, maar ook de grondsoort speelt een grote rol; donkere rotsgrond verraadt zich minder snel dan wit zand; stroomrafelingen of abnormale deining zullen zich alleen voordoen ten tijde dat de stroom doorstaat of als er inderdaad „swell” staat; bovenstromend modderig rivierwater kan plaatselijk het zoeken bemoeilijken en kan misleidende verkleuringen veroorzaken. Bij rafelingen zij men er op verdacht, dat deze zich niet

boven de ondiepte, maar een eind benedenstrooms er van aftekenen; zij zijn het best zichtbaar bij glad zeeoppervlak. Het is overigens merkwaardig, hoe diepteverschillen op zeer grote diepten zich nog aan het zeeoppervlak kunnen aftekenen. Ongeveer 10 zm beZuiden de Oostpunt van Obi Major ligt een plek van  $\pm 450$  m diepte in omringende diepten van 100 m. Deze plek is verscheidene malen zeer duidelijk als „onrustig water” waargenomen, zó zelfs, dat de commandant van het opnemingsvaartuig twijfelde of hij er wel overheen zou stomen. Dagen lang is er gezocht, maar steeds meer dan 400 m gelood. Toch is dit verschijnsel niet zo verwonderlijk als het wel lijkt. Indien er op de grote diepten van 1000, 2000 m stroom staat, en deze stroom een onderzeese rug of berg ontmoet, moet het water weggedrongen worden en dan is ten slotte de weg naar boven, zij het dan onder 40 atmosferen druk, nog de minst weerstandbiedende.

Voorts verraden vaak vissen en vogels ondiepten.

Complexen van gevaren, buiten de gewone scheepvaartroutes gelegen en waar-tussen de navigatie geheel ondoenlijk is, lode men niet met pijnlijke nauwkeurigheid op. Men bepaalt zich tot de buitenrand, de loop der voornaamste geulen en tot het vastleggen van eventuele bijzonderheden, zoals kenbare droogvallingen, al of niet met een struik begroeid of waarop een wrakstuk als anderszins gelegen is. Verder omringt men het complex met een goed bepaalde gevaarlijn. Wel trachte men bijzondere merken of gevaarcircels te vinden, welke het mijden van het complex gemakkelijk maken.

De minste diepte op een dergelijk complex van gevaren is niet zo belangrijk, tenzij er gedeelten droogvallen. Op geïsoleerd liggende ondiepten is de minste diepte belangrijker, naarmate de scheepvaart hierdoor minder genoodzaakt wordt een omweg te maken. In dergelijke gevallen zullen de riffen echter ook afgedregd moeten worden.

Is een opneming op helder water gereed, dan is het doelmatig, het terrein uit de lucht te doen verkennen door een officier, die de opneming heeft meegemaakt. Daarbij wordt vermoedelijk het beste gehandeld, wanneer met rechte koersen ongeveer loodrecht op het zonsazimuth wordt gevlogen en op een calque van het minuutblad wordt aangetekend, welke van de daarop voorkomende riffen worden herkend. Wordt een niet geкартеerd rif waargenomen, dan tekene men de plaats volgens schatting op de calque aan en werpe zo mogelijk een boeitje. Na afloop der verkenning stelt men dan een nader onderzoek op de verdachte plekken in.

### 9.3.3 Merk-, boog- en verbindingslijn stomen

Bij het uitwerken der lodingslagen wordt aangenomen, dat de sloep de weg heeft afgelegd, voorgesteld door de verbindingslijnen der snelliuspunten. Stuur men echter koers, dan zal dit niet altijd het geval zijn, aangezien de stroom in het diepste van het vaarwater en in geulen sterker is dan op de banken. Ook achter landhoeken heeft men dikwijls minder stroom, kan men zelfs in een neer komen. Het is dus aan te bevelen, alleen dan op het kompas te sturen, wanneer geen ander middel ten dienste staat om bepaalde lijnen voldoende nauwkeurig te volgen, opdat de gelode diepten, welke op de kaart op de bovengenoemde verbindingslijnen worden gesteld, zo weinig mogelijk van hun werkelijke plaats komen. Uit den aard der zaak klemt dit meer voor nauwkeurig detailwerk dan voor opnemingen op betrekkelijk kleine schalen.

Het eenvoudigste middel daarvoor is het sturen van merken, waartoe men twee genoegzaam kenbare vaste punten, in de verlangde richting op voldoende afstand uit elkaar gelegen, gedurende de slag in elkander houdt. Gaat het merk onder de wal komende verloren, doordat het achterste punt uit zicht raakt, dan kiese men zo mogelijk tijdig een ander tweede punt of nieuw merk ongeveer in dezelfde richting, na zo nodig een plaatsbepaling genomen te hebben, of sture anders verder in de koers, waarbij men het oude merk hield.

Zijn de beide voorwerpen ver uit elkander, dan is het merk gevoeliger, „loopt het beter” zoals men zegt, dan wanneer zij dicht bij elkander liggen. Men benoemt een merk steeds door het achterste punt het eerst te vermelden.

Met rechte slagen langs een flauw ombochtende kust werkende, kan men somtijds veel nut hebben van een ver landwaarts in gelegen hoog voorwerp, als een gedeelte van een daarom beschreven cirkel ongeveer de kustlijn dekt. Men legt de slagen dan beurtelings naar dit voorwerp toe en er van af en kiest als voorste punt van het merk achtereenvolgens punten op of nabij de kustlijn, op onderling ongeveer gelijke afstanden gelegen.

Ontbreken merken, dan kan men somtijds de slag leggen volgens een weinig gekromde cirkelboog, gaande door twee kenbare punten. Men zet de hoek, welke die twee punten op de gewilde slag moeten maken, op de sextant en regelt de koers van de sloep naar het wisselen der beelden van de beide voorwerpen in de kijker. Ziet men het dubbel teruggekaatste beeld rechts van het rechtstreeks geziene beeld, zo moet men van de bakens afhouden en omgekeerd. Liggen de punten op grote afstand, dan kan men soms op deze wijze voor verscheidene slagen profijt van hen trekken en neemt men de hoek achtereenvolgens een vast bedrag groter of kleiner.

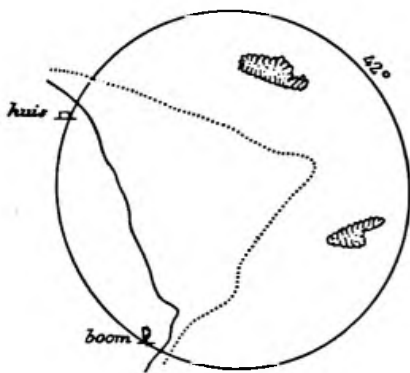


Fig. 9.10

Dit, wat men noemt „bogen stomen”, kan somtijds nuttig worden aangewend om een *gevaarcirkel* te bepalen. Dit komt voor als een gevaar of complex van gevaren zodanig ligt, dat het ingesloten wordt door bogen, gaande door twee kenbare terreinvoorwerpen. Men stoomt dan deze bogen tot men diegene bepaald heeft, welke nog net goed vrijloopt van het complex (fig. 9.10) en vermeldt de daarbij behorende hoek in de beschrijving bestemd voor de zeemansgids.

Soms is het sloepsblad te klein om de ver verwijderde lodingbakens er op te plaatsen. Zijn er geen andere bakens aanwezig, dan kan men lodende boogstomen door vóór vertrek van boord de bogen op het constructieblad te construeren en hun grootte aan te tekenen.

Zijn geen geschikte merken aanwezig of liggen de richtingen der bogen niet gunstig ten opzichte van het verloop der dieptelijnen, dan kan men soms met voordeel gebruik maken van een *hoekspiegel*. Met dit instrument kan men zorgen steeds op de verbindingslijn tussen twee punten te blijven. Een hoekspiegel heeft vooral nut bij het leggen van slagen op b.v. de Zeeuwse wateren of tussen een lage kustlijn en daarvoor liggende droogvallingen of eilandjes.

### 9.3.4 Lichtenlijnen en merklijnen

Voor de kustnavigatie tussen ondiepten geeft het gebruik van merklijnen, mits deze gemakkelijk te vinden zijn en over de gehele lengte bruikbaar blijven, zeer veel gemak.

Tijdens het oplopen van een terrein zoekt men reeds naar natuurlijke merklijnen, die vrijlopen van gevaren. Meestal zal het echter nodig zijn een onderzoek naar bruikbare merklijnen in te stellen, nadat het constructieblad of zelfs het minuutblad voor het betreffende gebied gereed is, vooral indien de merklijnen aanbevolen koerslijnen zijn.

Van elke merklijn moet een landverkenning worden gemaakt of een foto genomen welke men later tot een landverkenning omwerkt. De natuurlijke of kunstmatige merken, welke de merklijn vormen, moeten als zodanig kenbaar zijn over enige afstand aan één en eventueel beide einden van dat deel van de merklijn, dat bedoeld is om leiding te geven bij de navigatie; de bedoeling daarvan is om de merklijn te kunnen „aanlopen”. De landverkenning wordt getekend, zoals gezien vanuit een dergelijk aanlooppunt.

Bij de omschrijving van de merklijn wordt steeds eerst het achterste punt en daarna het voorste punt genoemd. Men moet ervoor zorgen, dat deze punten voldoende ver van elkander liggen, m.a.w. dat de merklijn „gevoelig” is. Echter moeten zeer ver weg of zeer hooggelegen achterste punten vermeden worden, omdat deze bij heilig weer of bij lage bewolking niet zichtbaar zijn.

Aanbevolen merklijnen moeten immer eerst met de sloep en daarna met het schip afgestoomd en opgelood worden. Hierbij verkrijgt men tevens de zekerheid, dat één der punten bij dichterbij komen niet achter terreinobstakels verdwijnt; in verband daarmee mag een merklijn nimmer worden aanbevolen op uitsluitend van het minuutblad verkregen gegevens.

Merklijnen, die aanbevolen koersen aanduiden, zullen bovendien moeten worden afgedregd als de bodemsoort hiertoe aanleiding geeft.

Het bovenstaande is vanzelfsprekend ook van toepassing op lichtenlijnen en aanbevolen bogen.

### 9.3.5 Zoeken naar gerapporteerde gevaren

Het zoeken naar gerapporteerde gevaren is soms een gevaarlijk en vaak een langdurig werk.

Op het Bureau Hydrografie worden deze en andere rapporten, zolang hiernaar geen nader onderzoek is ingesteld, met vermelding van alle beschikbare gegevens verzameld en onder doorlopende nummers gebundeld onder de benaming „opaldi's” (afkorting van „Opneming Algemene Dienst”).

Is een opneming voltooid, dan zijn nieuw gerapporteerde gevaren dus blijkbaar klein en slecht zichtbaar. Bij het zoeken ernaar is bijzondere voorzorg geboden, zoals: bijzonder goede uitkijk houden, weinig vaart, stomen met afgevierd anker, sloep met echolood voorstomen, zoeken met de asdic.

Het eerste wat men bij de uitvoering van een dergelijke opdracht te doen heeft, is het beoordelen der gerapporteerde gegevens. Werd de ondiepte met een registrerend echolood gevonden, dan is het een paar malen voorgevallen, dat grote diepten als ondiepte werden gerapporteerd, omdat de ontvangen echo geregistreerd werd kort nadat de volgende uitzending had plaats gehad.

Veel rapporten berusten ook vaak op verkeerde observaties: het lood heeft geen grond gehaald, verkleuringen werden zonder nader onderzoek als ondiepten gerapporteerd, enz.

Is rapporteur in zicht van land geweest, toen hij het gevaar ontdekte, dan zal hij — indien hij aandacht heeft geschonken aan de voorschriften en aanwijzingen, welke daaromtrent gelden — een zo uitgebreid mogelijke plaatsbepaling hebben genomen, liefst met gemeten hoeken, hij zal zijn kompasfout nog eens hebben geverifieerd, zo mogelijk een merklijn hebben gegeven, hij zal (laat ons hopen) een sloep hebben gestreken om met het lood te constateren of zijn waarneming een feit dan wel gezichtsbedrog was (zie „Algemene Toelichting op de samenstelling en het gebruik van de Nederlandse zeekaarten en boekwerken, enz.”, 1949, blz. 39). Het zal van deze gegevens afhangen, hoe ver men het onderzoek uitstrekt. Zijn betrouwbare hoeken gemeten, dan stoomt men deze bogen af, benevens de naast liggende bogen, dus b.v.  $\angle A$ ,  $\angle A + 10'$ ,  $\angle A + 20'$ ,  $\angle A + 30'$ ,  $\angle A - 10'$ ,  $\angle A - 20'$ ,  $\angle A - 30'$ , en daarna  $\angle B$ ,  $\angle B + 5'$ ,  $\angle B + 10'$ ,  $\angle B + 15'$ ,  $\angle B - 5'$ ,  $\angle B - 10'$ ,  $\angle B - 15'$ .

Zijn peilingen gegeven, dan begrenst men het terrein door deze peilingen vermeerderd en verminderd met een te verwachten fout, b.v. als een bergtop is gepeild  $30^\circ$ , dan begrenst men het op te loden terrein door de peilingen  $28\frac{1}{2}^\circ$  en  $31\frac{1}{2}^\circ$ . Is alleen een lengte en breedte gegeven, omdat het rif buiten zicht van land ligt, dan gaat men de nauwkeurigheid van dit bestek na. Is dit gebaseerd op een astronomisch bestek, gevolgd door een gegist bestek over enige uren, dan mag deze plaatsbepaling in gewone gevallen niet nauwkeuriger dan op 3' worden geschat en zal men dus het terrein begrenzen door de meridianen:  $L + 3'$ ,  $L - 3'$ , en de parallellen  $B + 3'$ ,  $B - 3'$ .

Is de opgegeven plaats afkomstig een korte tijd stomens na een goede terrestrische plaatsbepaling, dan wordt de mogelijke fout kleiner geschat.

Is de algemene diepte kleiner dan 200 m, dan kunnen de ondiepten zo steil oprijzen van de zeebodem, dat een minutieus onderzoek bij voorkeur met asdic en echolood vereist is. Tenslotte dient de ondiepte te worden afgedregd. Wordt niets gevonden, dan zal het zelfs nodig zijn het gehele gebied af te dreggen, voordat gezegd kan worden, dat het gevaar niet aanwezig is.

Met het asdicapparaat (onderwater detectie installatie) werkende, bedenke men dat een negatief resultaat het onderzoek met het echolood geenszins overbodig maakt. Men moet de asdic dan ook meer beschouwen als een waardevol hulpmiddel, waarmede men veelal op snellere wijze een ondiepte vindt dan met het echolood.

Bij het gebruik van asdic gaat men als volgt te werk.

Men bakst de oscillator naar een boordpeiling van  $70^\circ$  tot  $90^\circ$  BB of SB, vergelijkt hiermede de kompasrichting en houdt de laatste aan als richting der oscillatoren gedurende een zoekslag.

Men legt de zoekslagen met een vaste koers en houdt op normale wijze de plaatsbepaling bij. Gaat men echter boogstomen, dan moet de oscillator een vaste richting houden t. o. v. de kiellijn van het schip en niet t. o. v. het kompas.

De grootte van de echo die men met de asdic van een onderwaterdoel, en meer in het bijzonder van een op de zeebodem liggend doel verkrijgt, kan zeer afhankelijk zijn van de richting vanwaar het doel wordt aangepingd.

Daarom zal, wil men een gebied werkelijk goed onderzoeken, dat moeten geschieden door het gebied een keer *heen* en *terug* in en tegen de stroomrichting af te zoeken en vervolgens nog een keer *heen* en *terug* dwars op de stroomrichting. Bij elke

terugslag is het aan te bevelen de T.K.U. (toestel korte uitzendingen) bij te zetten zodat extra korte uitzendingen worden gedaan.

Alvorens te komen tot het vaststellen wat de onderlinge afstand van de zoekslagen moet zijn, is het zaak na te gaan wat onder de diverse omstandigheden het maximum en het minimum bereik is dat met de asdic wordt behaald.

Nog afgezien van temperatuursgradiënt-invloeden moet veiligheidshalve het *maximum bereik* voor het aanpingen van op de bodem liggende wrakken genomen worden op  $\pm 1500$  yards.

Is echter een negatieve gradiënt aanwezig dan zal de asdic-bundel meer of minder omlaag gebogen worden, waardoor het maximum bereik dus vermindert. In welke mate negatieve gradiënten kunnen worden verwacht is niet bekend. Waarschijnlijk echter behoeven alleen op warme dagen negatieve gradiënten te worden verwacht.

Voor het bepalen van de mate van afbuiging der geluidstrillingen tengevolge van een temperatuursgradiënt wordt verwezen naar de uitgave van het Hydrographic Office van de United States Navy, nl. H.O. Publication No. 606-c „Bathythermograph observations”. Volgens de daarop gebaseerde theoretische berekening moet bij  $\pm 20$  m waterdiepte en een negatieve gradiënt tussen 0 en 20 m water van  $1^\circ\text{C}$  een maximum bereik worden verwacht van  $\pm 900$  m; is de negatieve gradiënt  $2^\circ\text{C}$  dan vermindert het maximum bereik tot  $\pm 650$  m. Bij 10 m waterdiepte en een negatieve gradiënt tussen 0 en 10 m water van  $1^\circ\text{C}$  is theoretisch het maximum bereik  $\pm 500$  m.

Ten aanzien van het *minimum bereik* moeten verschillende factoren worden bezien. In eerste instantie heeft de asdic-bundel een bepaalde uittreehoek welke behalve van de grootte van de oscillator afhankelijk is van de gebruikte frequentie, en welke varieert tussen  $\pm 28\frac{1}{2}^\circ$  bij een 10 kc/s oscillator en  $14^\circ$  bij een 20 kc/s oscillator. Dit zou, wanneer de oscillator zich 3 m onder de oppervlakte bevindt, bij 10 m waterdiepte een minimum bereik van  $\pm 22$  m, en bij 20 m waterdiepte een minimum bereik van  $\pm 50$  m geven, aangenomen dat geen temperatuursgradiënt aanwezig is. Van onder veel grotere hoek uittredende secundaire bundels, zouden echter nog van korter afstand echo's kunnen worden opgevangen. Bij een negatieve gradiënt zou het minimum bereik van de hoofdbundel nog kleiner worden, bij een positieve gradiënt echter groter (bij 10 m en 20 m water resp.  $\pm 35$  m en 70 m).

Hier is echter nog een technische factor van invloed. Teneinde noch de versterker noch het aan de telefoon luisterend oor te beschadigen wordt de asdic-versterker gedurende de eerste 100 à 200 milliseconden na elke uitzending elektronisch dichtgedrukt, d.w.z. dat binnen de eerste 75 à 150 m niet met zekerheid echo's kunnen worden verwacht. Naar beide zijden dwars uitpingende moet derhalve voor de zekerheid worden aangenomen dat een strook, welke zich uitgestrekt tot  $\pm 150$  m aan beide zijden van de koerslijn, nog niet is bestreken, dit is hier derhalve het doorslaggevende punt voor wat betreft het minimum bereik.

Rekening houdende met het voorgaande zal derhalve voor het werkelijk deugdelijk d.m.v. echo-detectie afzoeken van een zeegebied op eventuele wrakken de volgende zoekwijze geldend voor dubbele dwarsoscillatoruitvoering van de type 134 asdic als leidraad gebruikt worden.

- a. Beginnend op een afstand van  $1 \times$  het aangenomen *pingbereik* van de dag (voor de betrokken waterdiepte en temperatuursgradiënt en verdere asdic omstandigheden), van de grens van het af te zoeken gebied, een zoekslag (ongeveer) met stroom mee door het gebied en langs dezelfde weg terug;

- b. Vervolgens evenwijdig daaraan en op een afstand ervan van het aangenomen *ping-bereik minus 150 m*, een zoekslag heen en terug;
- c. De volgende slag heen en ook terug op een afstand van  $2 \times$  *het aangenomen ping-bereik* van de vorige;
- d. En zo vervolgens beurtelings stellen heen- en terugslagen op *ping-bereik minus 150 m*, en op  $2 \times$  *ping-bereik* van elkaar, tot het gehele gebied in die richting onderzocht is;
- e. Daarna op gelijksoortige wijze het gehele gebied nog eens afzoeken met stellen heen- en terugslagen dwars op de onder *a t/m d* genoemde slagen, dus nu (ongeveer) *dwars op de stroomrichting*.
- f. Indien een gebied wordt afgezocht door gebruik te maken van de decca, blijft wanneer nog kenbare punten zichtbaar zijn, een geregelde contrôle d.m.v. snelliusmeting noodzakelijk. Bij het zoeken langs groene en rode decca lanes, vervalt de eis tot pingen in richtingen loodrecht op elkaar.

Wordt bijvoorbeeld een maximum ping-bereik aangenomen van 900 m dan zouden dus de eerste heen- en terugslag moeten geschieden op 900 m van de grens van het te onderzoeken gebied, het tweede stel op 750 m van het eerste, het derde stel op 1800 m van het tweede en zo vervolgens om de 750 m en 1800 m. Nadat zo het gehele gebied is afgezocht, moet het dan op dezelfde wijze ook loodrecht op de oorspronkelijke zoekrichting afgezocht worden.

Zodoende wordt het gebied in zijn geheel tenminste  $4 \times$  (gedeeltelijk vaker) afgezocht. Uiteraard zijn vereenvoudigingen mogelijk, doch dit gaat dan ten koste van de verkregen zekerheid.

Voorts moet ook rekening gehouden worden met de menselijke factor. Of het gebied inderdaad effectief is afgezocht, hangt af van degene die m.b.v. de telefoon naar het pingen luistert.

Zeker bij minder ervaren personeel is het gewenst steeds door 2 man te laten luisteren, onder het motto: twee horen meer dan één.

Of technisch de installatie goed werkt, kan worden nagegaan door vóórdat met zoeken wordt begonnen na te gaan of goede echo's worden verkregen van een haven-dam, een bekend wrak of iets dergelijks.

Indien niet beschikt wordt over een bathythermograaf, kan wellicht met behulp van een thermometer (bij voorkeur een max. en min. thermometer) enig inzicht verkregen worden omtrent het eventueel aanwezig zijn van een temperatuursgradiënt.

Wordt een contact verkregen, dan worden de machines gestopt en de breedte van het contact bepaald. Blijkt het contact geen ondiepte te zijn, dan wordt de slag voortgezet. In tegenovergesteld geval wordt het schip, indien de veiligheid dit toelaat, naar het contact toegedraaid. Meestal zal men echter nu een sloep strijken, deze een boei met voldoende boeilijn laten stromen en de ballast aan de lijn gereed houden om te vallen. Het echolood wordt bijgezet. Men werpt de ballast zo dicht mogelijk bij of op de ondiepte (rekening houdende met de veiligheid van schip of sloep), neemt een plaatsbepaling en bepaalt met de asdic richting en afstand tot het gevaar. De sloep kan daarna een nader onderzoek instellen. Uit voorzorg is het aan te raden, dat het schip zich niet langer vlak bij het rif ophoudt gedurende dit onderzoek. Men verwijdt zich in dezelfde richting, waarin men gekomen is; asdic en echolood blijven bijstaan en zo nodig stoomt een sloep vooruit.

Verder wordt voor de bediening der asdic installatie, haar mogelijkheden en optredende verschijnselen verwezen naar de desbetreffende handleidingen.

Heeft men geen asdic of dregtuig ter beschikking en ligt het gerapporteerde gevaar onder de wal, dan doet men het beste, met het schip zo mogelijk op de plaats zelf ten anker te gaan en met de sloepen de omtrek te doen afzoeken, b.v. door cirkels om het schip te doen afloden om de 100 m afstand, te bepalen door tuighoogte. Vanaf het schip wordt dan met een tevoren afgesproken sein gewaarschuwd, wanneer een cirkel door de sloep geheel doorlopen is. Ligt de plek ver uit de wal, dan doet men in vele gevallen het beste, met het schip bogen te stomen, zo mogelijk met de sloepen op 200 of 400 m afstand naast zich. Bij al dit werk is scherpe uitkijk alweer van het grootste belang.

Geschiedt het onderzoek in grote diepten, dan is de afstand waarop men telkens een dieploding neemt, afhankelijk van de diepte. In geologische kringen neemt men aan, dat in grote diepten de bodemhelling een zekere steilte niet overschrijdt. Men begrijpt zonder meer wel, dat in 600 m diepte geen „pinnacle-rock” tot aan het zeeoppervlak zal oprijzen, waarvan de voet niet breder dan b.v. 20 m zou zijn.

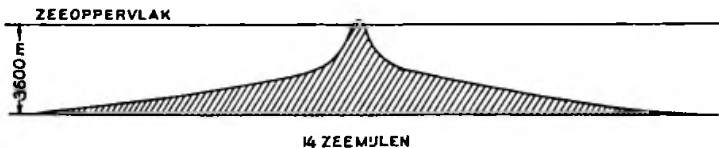


Fig. 9.11

Als maatstaf dezer onderzeese hellingen werd tot voor kort de volgende tabel gegeven (zie fig. 9.11, waaruit blijkt, dat de hellingen steiler zijn, naarmate de diepte minder wordt):

| Afstand tot<br>ondiepte<br>in zm | Gemiddelde<br>diepte<br>in m | Diepte toe-<br>name per zm<br>in m | Afstand tot<br>ondiepte<br>in zm | Gemiddelde<br>diepte<br>in m | Diepte toe-<br>name per zm<br>in m |
|----------------------------------|------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|------------------------------|------------------------------------|
| 0,33                             | 837                          | 664                                | 5                                | 2448                         | 214                                |
| 1                                | 1280                         | 405                                | 6                                | 2639                         | 191                                |
| 2                                | 1685                         | 300                                | 9                                | 3119                         | 160                                |
| 3                                | 1985                         | 249                                | 10                               | 3263                         | 144                                |
| 4                                | 2234                         |                                    | 12                               | 3487                         | 112                                |

Looft men dus 3200 m, dan zou volgens deze tabel mogen worden aangenomen, dat binnen een cirkel met 9 zm straal geen gevaar aanwezig is en de lodingen dus 9 zm uit elkaar mogen liggen; wordt 7 zm verder 1900 m gelood, dan zou binnen 3 zm afstand geen ondiepte kunnen liggen, en behoeven de lodingen niet minder dan 3 zm uit elkaar te liggen.

Bij gebruik van het echolood zouden bovenstaande waarden dus de onderlinge afstanden der lodingslagen aangeven, terwijl men in elke slag het echolood voortdurend laat bijstaan.



De diepzeelodngen van de Snelliusexpeditie in 1929, brachten echter aan het licht, dat de hellingen veel steiler kunnen zijn, en dus de lodngen nauwer gelegd moeten worden dan uit deze tabel zou blijken. Het echolood heeft in de oudere hypothesen veel wijziging gebracht. Van randriffen langs het vastelandsplat was trouwens reeds lang bekend, dat deze veel steiler kunnen zijn dan bovenstaande tabel aangeeft en vele naaldrotsen (pinnaclerocks, Fr.: aiguilles), die in de Oost-Indische Archipel bekend zijn, rijzen loodrecht uit diepten van 40—80 m op.

Het Admiralty Manual of Hydrographic Surveying geeft als maximum afstand tussen de lodngen:

|                   |        |         |                  |
|-------------------|--------|---------|------------------|
| gemiddelde diepte | 900 m, | afstand | $\frac{1}{2}$ zm |
| „                 | 1800 „ | „       | 2 „              |
| „                 | 2700 „ | „       | $3\frac{1}{2}$ „ |
| „                 | 3600 „ | „       | 7 „              |
| „                 | 5400 „ | „       | 10 „             |

Bovenstaande waarden komen geheel overeen met fig. 9.11.

Indien een onderzoek naar een gevaar in diep water ver buiten zicht van land moet worden ingesteld, verdient het aanbeveling het gebied kort na daglicht en na een volledig ochtendschemeringsbestek te naderen. Men maakt tevoren een sloepsblad gereed van het te onderzoeken gebied, b.v. op schaal 1 : 100.000 of 1 : 200.000. De slagen kunnen nu volgens de gis op dit blad worden afgezet en later gecorrigeerd volgens bestek. De meeste kans op vinden van het rif heeft de uitkijk van top en die van de bovenbrug. Is eenmaal een aanwijzing voor een ondiepte gevonden, dan kan het onderzoek verder worden geconstrueerd op een grotere schaal, b.v. 1 : 50.000. Dit onderzoek is eerst compleet, nadat een geheel omsloten 200 m lijn is verkregen.

Tot slot van deze bespreking van het zoeken naar losliggende gevaren wordt gewezen op de mogelijkheid, die het vliegtuig in deze biedt. Hoewel een vlucht, al dan niet met foto's bekrachtigd, zeer veel aan deze werkzaamheden kan bijdragen, zal deze nooit zekerheid kunnen verschaffen. *Zekerheid* kan slechts door dreggen worden verkregen.

In Juni 1921 werd door een watervliegtuig binnen het uur beNoorden Billiton het onbekende, kleine rif van 100 m middellijn met 4 m minste water gevonden, waarop enige maanden te voren het Japanse stoomschip „Riojun Maru” vergaan was en waarnaar bij goed riffsicht het opnemingsvaartuig „Van Gogh” reeds lang tevergeefs gezocht had. Ook beZuiden hoek Selatan (Zuidkust Borneo) werd een gerapporteerd gevaar spoedig gevonden. Bij het onderzoek ankerde het opnemingsvaartuig op de onderstelde plaats. Het vliegtuig beschreef vervolgens ster- of spiraal-slagen rond het schip, evenals een sloep zou doen. Het is praktisch, daarbij niet verder van het schip te gaan dan tot 5 zeemijl en op geen grotere hoogte te vliegen dan 400 m, aangezien dit ongeveer de grens schijnt te zijn, waarop kleine riffen nog opgemerkt kunnen worden. Getracht is gegevens te verzamelen betreffende de horizontale afstanden, waarop riffen nog uit een vliegtuig te zien zijn, doch dit is van zoveel factoren afhankelijk, als de grondsoort, de diepte op het rif, de kleur en doorzichtigheid van het water, de belichting enz., dat geen grens is aan te geven van de tophoek van de kegel, waarbinnen de riffen nagenoeg zeker ontdekt worden.

Deze tophoek is echter niet klein. Een klein rif werd bij gunstige belichting, vliegende op 400 m op 1 zm afstand uit het zicht verloren.

Toen het vliegtuig de verkleuring zag, daalde het tot bij de zeespiegel en wierp een phosphorlicht benevens een boei met dreg, klom daarna tot circa 200 m en schatte vervolgens door naar en van het schip te vliegen zo juist mogelijk peiling en afstand. Deze gegevens werden door het werpen van een berichtkoker aan het schip medegedeeld.

Is de cirkel zonder resultaat afgezocht, dan verstoomt het schip naar een andere plaats en de gehele manoeuvre wordt zolang herhaald, tot het gehele verdachte terrein is afgezocht. Voor het zoeken zijn in de tropen de uren 7—9 en 15—17 het gunstigst. De zichtbaarheid van verkleuringen is dan het grootst, het water schittert aan de goede zijde — dat is van de zon af — het minste en het minder schelle licht is niet zo vermoeiend. Een strakke lucht is noodzakelijk, wolken geven valse schaduwen en belemmeren het indringen van het zonlicht in het water. Een kalme zee zonder deining of witte koppen is gunstig.

Een nadeel is, dat vliegtuigen (uitgezonderd hefschroefvliegtuigen) zulk een grote snelheid bezitten, dat de waarnemer te weinig tijd heeft voor nauwgezet en rustig observeren.

### 9.3.6 Beloden van drempels

De nauwkeurigheid van het bepalen van het minste water op een losliggende ondiepte of drempel is des te belangrijker naarmate dit „minste water” dichterbij de diepgang van de passerende scheepvaart ligt, m. a. w. of een ondiepte  $1\frac{1}{2}$  m of 2 m bedraagt, is minder belangrijk — tenzij een groot verval bestaat — dan het feit of op een drempel 7 of  $7\frac{1}{2}$  m staat, want het rif met 2 m wordt altijd en door iedereen gemeden, doch de diepte van een drempel van ongeveer 7 m is belangrijk tot in dm toe; niet alleen wegens het gevaar van vastlopen, maar wellicht nog meer omdat men het afladen van een schip regelt naar de diepte op de drempel.

De drempels van Palembang rivier en Suriname rivier, het Oostgat bij Vlissingen en de Middensteenbank zijn daarvan typische voorbeelden.

Dergelijke belangrijke drempels worden daarom met zorg opgelood bij kalme zee. Als de omstandigheden dit wenselijk maken, mag men er niet tegen op zien een drempel op grotere schaal op te nemen en dus „uit” het voor de omgeving gebruikte constructie- en minuutblad te lichten.

De slagen worden op kleinere afstand (b.v. de helft van de normale) gelegd en bovendien zowel overlangs als overdwars. Beschikt men niet over een echolood, dan late men zich tenslotte op geregelde afstanden met het tij mede over de drempel drijven, daarbij lood of slaggaard te water houdende en steeds de bodem aanpeilend. Hiermede worden zuiverder resultaten verkregen, omdat bochten in de loodlijn (en dus een te veel gelode diepte) vermeden worden en het aantal lodingen groter is.

Het heeft geen zin drempels met uitsluitend zand- of modderbodem af te dreggen. Het bodemverloop is hierbij zo geleidelijk, dat de minste diepten gemakkelijk met het lood gevonden kunnen worden, terwijl de dreg alleen aangeeft bij welke diepte de dreg vrijloopt. Bovendien bestaat onder dergelijke omstandigheden de kans, dat de bodemlijn over de ondiepste plekken gelicht of er doorheen getrokken wordt.

## 9.3.7 Oploden van rivieren

De triangulatie van grote rivieren kan door vaste driehoeken worden uitgevoerd, hetgeen b.v. geschied is bij de opneming der Berau rivier ter Oostkust Borneo. Aangezien de driehoeken boven de monding steeds kleiner worden, is deze wijze van werken echter omslachtig. De opneming van smalle rivieren met hoge oever-

begroeiing kan derhalve op de volgende, aanmerkelijk snellere en toch voldoende nauwkeurige wijze verricht worden.

Twee bakens aan de monding worden op de hoofdtriangulatie bepaald, dan wel door basismeting en astronomische peiling onderling vastgelegd. Men plaatst vervolgens zo ver mogelijk stroomopwaarts een derde bak, waaruit, in verband met de bochten in de rivier, nog juist één der eerstgenoemde bakens zichtbaar is en dat zodanig is gelegen, dat ook het uitzicht stroomopwaarts weer zo ver mogelijk is.

Op deze wijze voortgaande worden verder door hoekmetingen de azimuths tussen de bakens overgedragen (hierbij zal veelal een sextant met pentaprisma moeten worden gebruikt). Men verzuime echter niet van tijd tot tijd een astronomische peiling ter controle te nemen, terwijl een nabij de rivier liggende bergtop, indien bereikbaar, zowel van de zijde der rivier als vanaf de hoofdtriangulatie met voordeel in het net kan worden opgenomen.

De afstanden tussen de opvolgende bakens in de rivierbochten worden bepaald door tuighoogtemeting uit elk bakken op een sloep (B 4) met verhoogde mast. De sloep wordt daartoe zoveel mogelijk op de verbindinglijn tussen beide bakens voor twee ankers verankerd of tegen de wal gemeerd, waarbij de afstanden tot genoemde bakens op het oog ongeveer gelijk worden genomen en niet groter dan in verband met de nauwkeurigheid der tuighoogtemeting toelaatbaar is.

Is deze afstand groter dan de helft van de afstand tussen twee bakens, dan moeten naar behoefte bakens worden tussengevoegd.

Met vrucht kan ook gebruik gemaakt worden van poollatten (zie par. 7.5.4).

Het verloop van bebakening en beloding kan het beste worden verduidelijkt uit het volgende voorbeeld van de jaren geleden verrichte opneming der Djambi-rivier (zie fig. 9.12).

De opneming werd gedaan met een klein stoomvaartuig en een stoomsloep. In de monding werd een basis bepaald met behulp van de tuighoogte van het schip en daarop de opneming der buitenbanken en geulen gebouwd. Naar binnen berustte

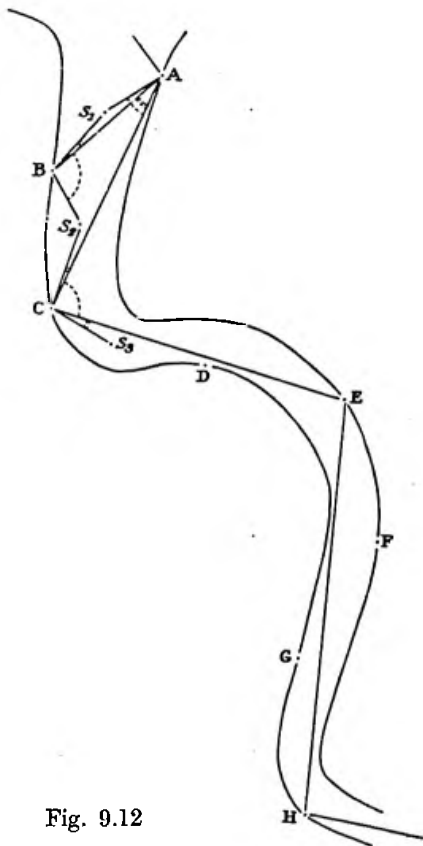


Fig. 9.12

deze op achtereenvolgende ankerplaatsen van het stoomvaartuig, die onderling verbonden werden door meting van de tuighoogte van dit vaartuig welke 21 m bedroeg, en van hoeken uit bakentjes. De algemene strekking der rivier werd echter uitsluitend bepaald door hoekmeting uit grotere bakentjes, welke zo ver mogelijk uit elkander waren gezet. Het stoomvaartuig werd in de opvolgende ankerplaatsen zo vast mogelijk gelegd door de ankerketting en een verpankertros stijf tegen elkander in te halen.

De opnemng werd van de monding naar boven verricht, waardoor het voordeel werd verkregen, dat de verandering der getijbeweging geleidelijk gevolgd kon worden. Het verval bedraagt beneden ongeveer 4 m, afnemende tot ongeveer 0,5 m te Djambi; doch het getij wordt op de bovenloop overheerst door de invloed van het afkomende rivierwater, waardoor verschillen in de waterstand van ongeveer 7 m voorkomen.

In fig. 9.12 stellen A, C, E en H grote bakentjes voor, welke hoofdzakelijk gediend hebben voor de overbrenging van het azimuth; B, D, F en G kleinere, die voornamelijk zijn gezet om de ankerplaatsen van het schip vast te leggen. Begonnen is met  $S_1$  door meting der tuighoogte uit A en van de hoek  $S_1AB$  te bepalen. De richting AC is ontleend aan de opnemng der monding. Vervolgens heeft de stoomsloop de rivier door zigzagslagen opgelood, waarbij de plaatsbepaling geschiedde door tuighoogtemeting op  $S_1$  en meting van de sloep uit het vaartuig met een der bakens. Daarna werd B bepaald op  $S_1$ , verstoomde het vaartuig naar  $S_2$  en werd op zijn beurt op B vastgelegd. Op de aangegeven wijze werd verder gewerkt tot Djambi op 85 zm van de monding bereikt werd. Van tijd tot tijd werd het azimuth gecontroleerd door een astronomische peiling. De opvolgende ankerplaatsen van het vaartuig en die der bakentjes werden berekend. De nauwkeurigheid was zeer voldoende; de astronomisch bepaalde punten te Muara Kumpeh op 45 zm van de monding en te Djambi verschilden slechts enkele seconden met de berekende.

Met het schip en twee motorsloepen zal men naar verhouding niet veel vlugger werken, omdat het verstomen en ankeren minder vlug zal verlopen. Daartegenover staat, dat de ankerplaatsen verder uit elkander kunnen liggen en een sloep vóór kan werken met bakens zetten, hoekmetingen enz.

Geldt de opnemng een rivier van minder belang, welke echter nog door kleinere vaartuigen kan worden opgestoomd, dan zal op overeenkomstige wijze met 1 motorsloep en 1 sloep B 4 gewerkt kunnen worden. Een enigermate belangrijke tuighoogte kan echter bezwaarlijk verkregen worden. Teneinde hierbij de tuighoogtetabel van het schip te kunnen gebruiken, neemt men de tuighoogte van de sloep  $\frac{1}{2}$  of  $\frac{1}{4}$  van die van het schip, waardoor bij gelijke hoeken de afstanden ook  $\frac{1}{2}$  of  $\frac{1}{4}$  bedragen van de op de tabel gegeven waarden. Bij kleinere afstanden houde men rekening met de correctie, die in par. 7.5.4 is vermeld.

Omdat een sloep meestal geen geschilderde waterlijn heeft en meer zal slingeren dan het schip, is het raadzaam de onderkant der tuighoogte op dezelfde wijze met een korf aan te geven als de bovenkant. Staat er enige zee, dan moet de sloep voorzien worden van bamboedrijvers op vlerken ter weerszijden. Bij deze combinatie werke men, indien mogelijk, van boven naar beneden om zoveel mogelijk nut van de stroom te trekken.

Bij zeer smalle en niet belangrijke rivieren kan men dan als volgt handelen.

Men stome met de roeisloep op sleper zó ver de rivier op als men de opnemng denkt uit te strekken en legt alsdan de roeisloep, voorzien van een zo hoog mogelijke lichte mast met topteken en een geschikte opstelling voor een goed sloepsvloeistofkompas, vast aan de oever. De motorsloep doet vervolgens, zigzag naar beneden

zakkend, het lodingwerk en bepaalt tegelijkertijd het beloop der oeverlijnen, waarbij de plaatsbepaling geschiedt door tuighoogte van- en peiling uit de roeisloep. Is de motorsloep gekomen aan de grens, welke voor afstand op tuighoogte is aangenomen, dan gaat zij aan de oever of voor dreg liggen en doet een bijzonder sein, waarop de roeisloep naar beneden komt en voorbij de motorsloep roeit, tot de grens van tuighoogte weder bereikt is, waarvan de motorsloep door een tweede sein kennis geeft. De roeisloep maakt daarop weder vast, de stoomsloep vangt haar werk weder aan en men gaat zo voort tot de monding is bereikt.

De opvolgende plaatsen van roeisloep en van de motorsloep, als deze wachtend is tijdens de verplaatsingen van de eerste, worden op eenvoudige wijze gemerkt. Hoekmeting tussen deze plaatsen uit stoomsloep en roeisloep doen de algemene strekking der rivier nauwkeuriger kennen dan uit de peilingen tussen hen mogelijk is. Men verzuime echter niet ook deze peilingen te nemen, aangezien zij een welkome controle op die strekking vormen. Een fout in de gemeten hoeken gaat voortdurend over! De aanvangsrichting bepale men door een astronomische peiling. In elk geval verzuime men niet de eindrichting te controleren, hetzij door aansluiting bij het algemene triangulatiernet, hetzij door een astronomische peiling.

Tijdens de opneming late men zowel bij het beginpunt als bij het eindpunt een peilschaal waarnemen. Voorts verzamele men zo goed mogelijk gegevens omtrent de rivierstand, of deze normaal, dan wel hoog of laag is. Men trachte aanwijzing van natuurlijke sporen van de hoogste of laagste stand te krijgen, alsmede gegevens omtrent de frequentie. Ook verdient het aanbeveling tijdens de opneming op verscheidene plaatsen de stroomsnelheid te bepalen.

Het is mogelijk, dat de stroom te sterk is om met de motorsloep vóórstroom te werken. Deze kan dan telkens beginnen te loden bij het verste punt beneden de roeisloep, waarop een goede tuighoogteafstand te krijgen is en vervolgens opwerken tot dezelfde afstand boven de roeisloep. De motorsloep kan vervolgens de roeisloep mede stroomafwaarts nemen en tegen de oever of voor twee ankers leggen. Afstand en richting worden steeds bepaald van de ene sloep op de andere of op een merk van de oever.

Tijdens de vaart trachte men aan kentekenen te schatten of de rivierstand hoog, gemiddeld of laag is; voorts logge men in de vaargeul voor dreg liggende de stroom.

De boven beschreven werkwijzen betreffen gevallen, waarbij geen aansluiting op door de Topografische Dienst bepaalde triangulatiepunten mogelijk is. Bestaat die mogelijkheid wel (b.v. Kutei rivier tot boven Samarinda, waar over een zeer nauwkeurige triangulatie — in dit geval van de B.P.M. — beschikt werd), dan dient op begin- en eindpunt en zo mogelijk ook op tussenliggende punten, aan die triangulatie te worden aangesloten. Dit kan in sommige gevallen geschieden via een hoekmeting op dicht aan de rivier liggende heuveltoppen. Bij de opneming der Paloh rivier ter Westkust Borneo werd telkenmale het op de rivier verankerde schip door snelliusmeting van top over de bomen op bekende punten vastgelegd en geschiedde de plaatsbepaling der lodende sloep door tuighoogtemeting op het schip en kompaspeiling.

### 9.3.8 Bepalen van grondsoort

De grondsoort, alsmede een plotselinge verandering daarin, kan een belangrijke aanwijzing bevatten aangaande in de nabijheid voorkomende gevaren. Gedurende een lodingstocht wordt de grondsoort dan ook meermalen bepaald.

Bij lodingen met het echolood wordt geen grondsoort verkregen. In dat geval is het dan ook noodzakelijk om op in de volgende alinea te noemen plaatsen en bovendien met niet te grote intervallen (afhankelijk van de geologische gesteldheid) grondmonsters te bepalen. Op ondiep of betrekkelijk ondiep water worden daartoe lodingen verricht met handlood of met Lucaslood; een grondmonster wordt dan verkregen door hard vet in de holte van het lood te smeren, hetgeen bij iedere loding opnieuw moet geschieden. Bij diepzeelodungen wordt een groter grondmonster verkregen met behulp van daartoe geconstrueerde en aan boord verstrekte grijpers. Ook bij een uniforme grondsoort dienen de bodemonsters met niet te grote intervallen bepaald te worden, opdat het minuutblad het bewijs kan leveren, dat de grondsoort inderdaad uniform is, dit kan o. m. van veel belang zijn voor oceanografen en voor geologen.

Behalve door de voorgaande overwegingen wordt de plaats, waar de grondmonsters genomen moeten worden, mede bepaald door de eisen, welke aan de uit het minuutblad samen te stellen zeekaart gesteld worden. In de eerste plaats dient de grondsoort bepaald te worden daar, waar gelegenheid is tot ankeren en tot landen met sloepen of landingsvaartuigen; wat dit laatste betreft, dient men ook rekening te houden met de mogelijkheid van het droogzetten van kleine vaartuigen voor reparatie. Verder kan de grondsoort van belang zijn voor de plaatsbepaling van een schip, welke methode door vissersvaartuigen veel gebruikt wordt; in verband met de vrij algemene invoering van het echolood wordt deze methode van plaatsbepaling voor de normale scheepvaart steeds minder belangrijk.

Omtrent de grondsoort krijgt men — behalve door het nemen van grondmonsters bij lodingen — gegevens op droogvallingen, bij het lichten van drijfbakens en boeities en bij het anker lichten. De hierbij opgehaalde grondsoorten geven niet alleen aanwijzingen over de bovenlaag, doch ook over vlak daaronder gelegen lagen, terwijl men met het lood slechts de bovenste lagen ophaalt.

Op het vastelandsplat (continental shelf), het zeegedeelte tussen de kustlijn en de 200 m-lijn, treft men meestal slechts het weinig of niet gemodificeerde, direct van het land afkomstige materiaal (zand, klei, grint, stenen, door rivieren aangevoerde modder) aan; verder vulcanisch zand, modder met puimsteen, rotsafslag en koraalkalk, als de omgeving daartoe aanleiding geeft; schelpengruis en kalkhoudend zeewier. Het neergeslagen materiaal wordt in het algemeen fijner van samenstelling naarmate men zich verder van de kust verwijderd.

Op het vastelandsplat sluit aan de vastelandshelling of continental slope, waar de zeebodem vrij snel daalt van 200 m tot het eigenlijke diepzeebekken.

Naarmate men vanaf de kust deze helling meer nadert en tot afstanden van 200 mijl uit de kust, vindt men bovendien blauwe, groene en rode moddersoorten, gevormd door de neerslag van uit rivieren afkomstige kleiresten, meestal vermengd met schelpenkalk. De kleuren ontstaan door de verschillende aanwezige verbindingen. Blauw-zwart of blauw slijk komt het meest voor, vooral in de nabijheid der kust. Hierin is kwarts of zand het typische bestanddeel met resten van bodemdieren (vandaar de enigszins blauwgrijze kleur, die door bij ontbinding ontstaande zwavelverbindingen wordt veroorzaakt); vanaf de vastelandshelling zet het zich naar de diepzee voort. Het groene slijk dankt zijn kleur aan de aanwezigheid van glauconiet (een silicaat, ontwikkeld uit kalkorganismen) en kalkphosphaten. Het rode slijk, dat slechts zeer plaatselijk wordt aangetroffen, bevat ijzeroxyden.

Ook treft men in genoemde gebieden puimsteen aan, dat onder inwerking van

zeewater secundair veranderd is. Puimsteen wijst steeds op een vulcanische omgeving en dus op de mogelijkheid van plotselinge bodemverheffingen of -inzinkingen.

Op de grondsoorten der diepzee zal hier niet nader worden ingegaan, aangezien dit onderwerp niet bij de hydrografie, doch bij de oceanografie thuis behoort.

### 9.3.9 Raadplegen en controleren vroegere opnemingen

Indien nieuwe gevaren of afwijkingen van de kaart zijn gerapporteerd bij het in te stellen onderzoek of bij de uitvoering van periodiek contrôlewerk, neemt men bij het in te stellen onderzoek de bestaande kaart en voornamelijk de plaats van bekende punten aan de wal, kenbare hoeken en rotsen als goed aan. Triangulatie en bakens zetten is meestal niet nodig; men kan direct beginnen met het lodingwerk. Men zorgt ervoor, dat men dit werk zover voortzet, dat de gerapporteerde afwijking volkomen is belood en men weer goede aansluiting heeft aan de op de kaart voorkomende dieptelijnen, kustlijnen, e. a. In het algemeen gesproken: de opnemer moet waakzaam zijn, dat de cartograaf die later het lodingwerk moet inpassen in de bestaande kaart, niet voor onzekerheden geplaatst wordt. Men rapporteert dus duidelijk, welke punten van de kaart zijn afgepast en men moet zich daarbij bewust zijn, dat dit aanvangspunt van het werk reeds een vrij belangrijke onnauwkeurigheid kan bevatten.

De opnemer, die later van een dergelijk punt gebruik maakt, moet ter plaatse deugdelijk informeren, of een lichtopstand, vlaggestok, peilschaal, enz. in de loop der tijden niet is verplaatst.

Bij het opnieuw opnemen van een gebied worden aan het opnemingsvaartuig zoveel mogelijk gegevens verstrekt van de vroegere opneming, voornamelijk in de vorm van afschriften van constructie- en minuutbladen, bakenregisters e. d. Ook later genomen luchtfoto's zijn van belang, niet alleen om een inzicht te krijgen in de wijze van triangulatie, doch ook geven de foto's soms aanwijzingen van nog niet ontdekte gevaren.

Alle reeds op de kaart voorkomende gevaren moeten opnieuw onderzocht en de minste diepte erop bepaald worden. Geen ondiepte wordt van de kaart geschrapt, dan nadat een zeer nauwkeurig onderzoek (zo nodig met het dregtuig) heeft aangetoond, dat deze niet (meer) aanwezig is. Van het niet aanwezig zijn van een op de kaart voorkomende ondiepte en van het onderzoek, dat tot deze conclusie heeft geleid, wordt in het hydrografisch rapport duidelijk melding gemaakt. Bij de omvang van het onderzoek moet rekening worden gehouden met de meerdere of mindere nauwkeurigheid van plaatsbepaling bij de oude opneming. Ook een grotere minste diepte op een gevaar vereist minutieus onderzoek door afdreggen. Het verschil kan hier voortspruiten uit de keuze van een ander en beter bepaald reductievlak en meerdere kennis van het getijverloop ter plaatse; geologische werking kan echter ook de oorzaak zijn.

### 9.3.10 Locale heropneming; aansluiting en uitbreiding

Moet een gebied lokaal opnieuw opgenomen worden, dan zal men de triangulatie opzetten met gebruikmaking van de opgegeven of gemerkte punten van de vroegere triangulatie, waardoor inpassing in de bestaande zeekaart verzekerd is. Ter contrôle neme men daarbij immer een astronomische peiling.

Zijn geen twee punten van de vroegere triangulatie bekend, dan dient men een nauwkeurige basis te meten en de richting in de hierop op te bouwen triangulatie door een astronomische peiling te bepalen. Als uitgangspunt voor de berekening van de triangulatie neme men een triangulatiepilaar van de vorige opneming of van de topografische dienst of — indien geen triangulatiepilaar in het opnieuw op te nemen gebied voorkomt — een nauwkeurig van het constructieblad of de zeekaart af te passen markant punt als vlaggestok, ijzeren baken o. d. Een aldus opgezette opneming biedt — wat schaal en richting betreft — de zekerheid van voldoende inwendige nauwkeurigheid om de resultaten ervan onder alle omstandigheden te kunnen gebruiken.

Om inpassing in de bestaande kaart te vergemakkelijken, zullen zo mogelijk twee goed gedefinieerde, aan de grenzen der opneming liggende en op de kaart voorkomende punten in de triangulatie opgenomen worden. De opnemer zal op deze uit de kaart afgepaste punten niet zelf het net van zijn bladen wijzigen (door schaalwijziging of netsdraaiing), doch hij dient wel als bijlage bij het hydrografisch rapport een voorstel tot netwijziging in, welke dan later op het Bureau waar het onderlinge verband beter overzien kan worden, tot stand gebracht zal worden.

Voorlopig zal als regel aldus het werk in de oude kaart worden ingepast. Door de opnameresultaten met een ongerepte inwendige nauwkeurigheid in te dienen, wordt de mogelijkheid geschapen om later, wanneer van een groter kustgedeelte verschillende onderling aansluitende opnemingen zijn binnengekomen, van dit gehele kustgedeelte een nauwkeurige kaart samen te stellen.

De heropneming moet steeds zo ver worden voortgezet, tot aansluiting van kustlijn en dieptelijnen met de bestaande kaart is verkregen. De verkregen aansluitpunten worden daartoe van het constructieblad naar de kaart overgebracht ter contrôle (schaalverkleining) en niet omgekeerd. Zo nodig moet de opneming dus verder worden voortgezet dan de instructie luidt. Men zal in het algemeen niet nalaten een aantal punten, die in het bestaande werk op de kaart reeds voorkomen, in de triangulatie op te nemen.

## 9.4 Lodingtocht

### 9.4.1 Verdeling werk schip en sloep

In ondiep water, dicht nabij kustlijn en riffen, in gevaarlijk of weinig onderzocht gebied zal al het lodingwerk met sloepen moeten plaats hebben. In open zee, waar voldoende water staat en minder kans op gevaren bestaat, zal men steeds zoveel mogelijk het schip inschakelen. Immers de vaart van het schip kan hierbij groter zijn, de bakens zijn verder zichtbaar en men is minder afhankelijk van de gesteldheid van wind en zee.

Indien men meer vaartuigen voor het lodingwerk ter beschikking heeft, kan men door „eskaderloden” het te beloden gebied sneller bewerken, vooral bij gebruik van snel lopende dregboten.

Heeft men slechts 1 motorsloep, dan is het vaartoverschot van het schip te groot om met evenwijdige slagen van schip en sloep voordeel te behalen.

Bij het opstellen van een programma bedenke men, dat kust- en zeewerk zoveel mogelijk gelijke tred moeten houden, zodat het gehele gebied tegelijkertijd gereedkomt; voorts dat het schip soms nodig is voor plaatsbepaling der sloepen onder de wal en voor drijvende triangulaties. Ook de weersgesteldheid speelt hierbij een rol,



zodat men, zeker in Nederland, steeds buitenwerk voor zal laten gaan boven binnenwerk als het weder het toelaat.

Bij evenwijdige slagen geve men tevoren aan de sloepen hun positie ten opzichte van het schip op en de generale te behouden magnetische koersen, waaruit dus voor de sloepen bekend is in welke kompaspeiling zij ten opzichte van het schip moeten blijven (namelijk loodrecht op de te behouden koersen).

Voorts stellen de leiders op de sloepen zich op de hoogte van de heersende stroom, zodat zij tijdig weten in welke richting opgestuurd zal moeten worden.

Slechts één officier behoeft bij eskaderloden in de sloep mede te gaan. Hij meet op afgesproken sein de tuighoogte en zorgt door geregeld over de hand te peilen in de goede positie t. o. v. het schip te blijven (peiling fout = vaart wijzigen), terwijl hij uit de tuighoogtemetingen weet of hij „in” of „uit” moet sturen (afstand fout = koers wijzigen). Aan boord wordt op het sein een snellius gemeten voor plaatsbepaling van het schip, terwijl de sloepen, afhankelijk van hun afstand tot het schip, op het kompas worden gepeild, dan wel met de sextant „gesneden”.

Aan het einde van een slag gekomen, verandert het gehele verband op sein gelijktijdig 90° van koers (of zoveel meer of minder als tevoren wordt afgesproken) om te verstomen en vervolgens nog eens om weer op tegenkoers te komen. Bij het verstomen moet de leider van de tocht opletten, dat geen sloepen teveel achtergebleven zijn, waardoor hiaten zouden optreden. Desnoods zet hij de slag iets verder door om dit te voorkomen. De vaart van het schip wordt hier geregeld naar de langzaamste sloep en moet steeds iets minder dan deze bedragen om de sloep gelegenheid te geven op post te komen. Vaartveranderingen op het schip moeten zoveel mogelijk worden vermeden en in elk geval geleidelijk geschieden, omdat de sloepen hierbij steeds wat later reageren en dus onnauwkeurigheden ontstaan.

In het algemeen is trouwens bij het eskaderloden de plaatsbepaling steeds iets onnauwkeuriger dan bij individueel lodingwerk met de sloep. Daarom is eerstgenoemde wijze van werken niet aan te bevelen bij werken op schalen 1 : 30.000 en groter, tenzij het bodemverloop zeer geleidelijk is.

De sloepen plaatst men gelijkelijk verdeeld aan beide zijden van het schip, de kleinste het dichtste bij, de grootste (dregboten) het verste af. Om op het schip de bakens nog te kunnen zien, kan het soms nodig zijn het schip aan de binnenzijde en de sloepen aan de zeezijde te plaatsen; omgekeerd kan echter ook het geval zijn, indien het kustgedeelte niet geheel veilig wordt geacht of het schip in een dregstrook moet blijven.

De tuighoogten kunnen voor kleine afstanden tot het schip met de lodingssextant worden gemeten. Overigens moet steeds een meetsextant worden gebruikt.

#### 9.4.2 Werkzaamheden tijdens tocht

Gedurende het afstomen van de lodingslagen wordt nauwkeurig plaatsbepaling gehouden, zodat deze routes later zo zuiver mogelijk kunnen worden geconstrueerd. Het lood — hetzij echolood of handlood — wordt onafgebroken gaande gehouden.

Aangezien de lodingslagen bezwaarlijk zo dicht bij elkander kunnen gelegd worden, dat tussen hen geen gevaren onopgemerkt kunnen blijven, is het van het grootste belang dat scherpe uitkijk gehouden wordt naar verkleuringen, rafelingen

en andere tekenen, welke aanwijzingen van ondiepten vormen. *Minstens evenveel gevaren zijn ontdekt door het oog als door het lood!* Daarbij moet niet uitsluitend de aandacht gevestigd zijn op verkleuringen op enige afstand van de sloep, doch ook op kleurveranderingen in de onmiddellijke nabijheid. Door deze worden dikwijls verheffingen met vrij veel water erop ontdekt, b.v. ter Westkust Sumatra raffen met 20—30 meter, welke op enige afstand niet verkleuren. Ook kleine, weinig verkleurende gevaren met geringe diepten erboven zijn gevonden, doordat zij vlak bij de sloep gezien werden, zonder dat zij op groter afstand waren opgemerkt.

Het lodingwerk eist zóveel aandacht, en er is met het bijhouden van het sloepsblad, met hoekmeten, uitkijken, toezicht op het loden en sturen e. d. zoveel arbeid, dat slechts op eenvoudige terreinen, werkend op kleine schalen, en dan nog alleen door geroutineerde opnemers al dit werk door één man kan worden gedaan.

Aangezien er bovendien meestal wel één of twee officieren zijn, die nog moeten worden opgeleid in het vak, zal het zelden kunnen voorkomen dat de lodingsloep met slechts één opnemer wordt bemand. Meestal zal de leider van het werk al zijn tijd nodig hebben voor toezicht op opschrijver, roerganger, loder (c.q. paai echolood), uitkijk en het meten van één hoek en zal een tweede officier het tekenwerk en ander meetwerk moeten doen en zijn routine moeten verkrijgen in de gehele opnemingsarbeid. Wordt met het echolood gelood, dan zal de paai hiervan de leider steeds op de hoogte houden van het veranderen der profiellijn. Bij lodingwerk met het echolood behoeft niet gestopt te worden om een loding te nemen. Om een gelijktijdige plaatsbepaling te verkrijgen, zijn dus twee hoekmeters nodig. Bij gebruik van echolood zal de grondsoort zo nu en dan met het handlood worden onderzocht (zie par. 9.3.8).

De leider van een lodingtocht maakt aan de hand van de terreingesteldheid een plan op en geeft zich rekenschap van de beschikbare punten voor plaatsbepaling, teneinde vóór vertrek van boord nog inlichtingen in te winnen of maatregelen te treffen.

Uit het voorgaande is reeds gebleken, dat goede leiding van een lodingtocht ervaring, routine en attentie eist. Behalve dat de daarmede belaste officier in het bijzonder zorgen moet voor voldoende plaatsbepaling, voor het goed leggen der slagen, voor de keuze van merken, aandacht moet schenken aan het passeren van dwarsmerken en een voortdurende scherpe uitkijk moet houden, gepaard aan oplettendheid voor de gelode diepten en afgeroepen grondsoorten, dient hij een onafgebroken controle op de gehele gang van zaken uit te oefenen. In de eerste plaats op loder (echolood) en roerganger, doch vooral op de opschrijver, wat betreft goed en ordelijk noteren van alles, wat hem toegeroepen wordt en van de tijd. Voorts moeten de plaatsbepalingen op het sloepsblad afgezet worden en dient de leider bedacht te zijn op het plotseling aanlopen van gevaren.

Komt de leider voor moeilijkheden te staan, levert de plaatsbepaling bezwaren op of moet op een bepaald punt veel gemeten worden, dan is het raadzaam voor dreg te gaan. Een beginner doet goed daarmede niet te lang te wachten en eerst weder voort te gaan, nadat hij gereed is en zich van alles goed rekenschap heeft gegeven.

Tijdens dat sloepen van boord zijn, moet op het schip steeds goede uitkijk naar hen gehouden worden, opdat men van onraad, averij of verzoek ener sloep om hulp bij de plaatsbepaling steeds dadelijk gewaarschuwd worde. Voor deze doeleinden moet een eenvoudig seinstelsel worden opgemaakt.

De leider overtuigt zich, dat de uitrusting van de sloep in orde is, het echolood goed werkt en dat het horloge gelijk loopt met de scheepsklok. Hij bepaalt waar de tocht begonnen zal worden en stoomt met de sloep naar dit punt, dat zo nodig met behulp van bogen en merken wordt opgezocht. Is het bereikt, dan wordt zo nodig voor dreg gegaan, de snellius gemeten en afgezet en het merk voor de eerste slag bepaald. Desgewenst kan men dit laatste doen door op het blaadje de hoek af te zetten, die de richting van de voorgenomen slag maakt met die van uit het snelliuspunt naar een baken; deze hoek op de sextant te zetten en met behulp van dit instrument na te gaan waar ongeveer het merk moet zijn. Vooral bij het inleggen van slagen tussen reeds afgelode is dit een waardevol hulpmiddel.

De leider geeft de roerganger het merk op, dat gehouden moet worden. Bestaat dit uit twee bekende punten, dan worden deze met name genoemd (het achterste altijd het eerste); zo niet, dan vermeldde men kortweg „houden merk”. Voorts geeft de leider op hoe gelood zal worden, voortdurend of telkens na stoppen en achteruitslaan; de roerganger met welke vaart gestoomd zal worden.

De slag kan thans beginnen. Wordt voortdurend gelood, dan noteert de opschrijver om de minuut de tijd naast de op hetzelfde ogenblik gedane loding of daarvoor of daarna; wordt met tussenpozen gelood, dan geeft hij de roerganger telkens op te stoppen en achteruit te slaan als de voorgeschreven tijd gestoomd is.

Nauwkeurige aantekening van de tijd is nodig, omdat de lodingen bij het uitwerken der tocht op het minuutblad volgens de tijd op de verbindingslijnen tussen de snelliï vermeld worden. De roerganger gaat na met welke kompaskoers hij ongeveer het merk houdt en geeft deze op aan de opschrijver die de koers noteert, aangezien de kennis daarvan nuttig kan zijn om eventuele tegenstrijdigheden bij het construeren der slagen op te lossen.

Gedurende de slag zij de leider geheel oog en oor, in de eerste plaats opdat hem geen enkele aanwijzing van enige ondiepte ontgaan zal; voorts opdat elk dwarsmerk, hetzij van twee bekende punten, hetzij van twee landhoeken in één opgemerkt en met de tijd ingeschreven wordt, naast de loding op die lijn gedaan of tussen de lodingen aan weerszijden daarvan vallende, en eindelijk voor een afdoende controle op roerganger, opschrijver en loder (c.q. paai echolood). Hij zorgt verder voor voldoende plaatsbepaling en laat de veelvuldigheid van snelliusmeting afhangen van de meer of minder veranderlijkheid van diepten. Bij verandering van richting van de slag, belangrijke diepteverandering, vaartwijziging of van de wijze van loden, dient steeds te worden gemeten. Bovendien worden de plaatsbepalingen steeds gedaan nabij de kruisingen der te bepalen dieptelijnen, waarvoor men bij zeer nauwkeurig werk bij benadering op de hoogte moet zijn van de toe te passen reductie. Blijft men het merk houden, dan wordt in de regel bij de plaatsbepalingen door gestoomd, tenzij geen tweede hoekmeter beschikbaar is. In het laatste geval wordt even gestopt en achteruitgeslagen, zonder voor dreg te gaan. De leider werke dan met twee sextanten, zorgt dat deze voor de meting reeds ongeveer op de hoeken staan, meet gelijktijdig met de loding de snelst veranderende hoek, onmiddellijk daarop de andere en leest eerst daarna beide instrumenten af. Bij de snellius wordt dan vermeld „zelfde merk”. Zijn de meetpunten schaars en dreigt er één uit zicht te raken, dan mete men desnoods iets eerder dan men van plan was. Gaat, onder de wal komende, het achterste merk verloren, dan trachte men dit door een ander te vervangen. Gelukt dit niet, dan vervolgt men de slag met de koers, waarmede gemiddeld het merk gehouden werd.

Onder de wal wordt zo nodig voor dreg gegaan en het nodige verricht voor de walbepaling. Daarna bepaalt men de richting van de volgende slag of verstoomt een te bepalen tijd naar het beginpunt van die slag.

Gedurende de tocht notere en tekene men alles wat van belang geacht wordt voor het werk en late vooral niets op het geheugen aankomen. Niet alleen is dit niet altijd even betrouwbaar, doch meestal werkt een ander dan de leider van de tocht deze op het minuutblad uit.

Gaat men voor dreg, dan voldoet op steen- of koraalgrond bij weinig stroom een ballastschuitje beter dan een dreg, aangezien men deze bij die grondgesteldheid dikwijls moeilijk kan lichten. Gaat te veel stroom om een ballastschuitje te kunnen gebruiken, dan doet men goed het dreggetouw op het kruis van de dreg te bevestigen en met een garen bij te binden aan de ring. Pakt de dreg dan te zwaar, dan breekt het stopgaren wel en licht men de dreg gemakkelijker.

Voor nadere aanwijzingen in het gebruik van het echolood tijdens een lodingtocht zij verwezen naar V.V.K.M. 6, „Beschrijving en gebruiksaanwijzing van het Hughes-echolood”, hoofdstuk VI—VIII, en meer in het bijzonder par. 7600 (Bediening echolood) en par. 7900 (Lodingwerk).

Elke gemeten snellius krijgt een doorlopend sloepsnummer (beginnend des morgens met een aan boord op te geven getal, zodat elk getal slechts eenmaal gebruikt wordt). Ook begint elke sloep des morgens wel met no. 1 en worden des avonds aan boord de doorlopende nummers bij de voorlopige sloepsnummers vermeld. Na no. 9999 en bovendien op elk nieuw terrein begint men weder met no. 1. Dezelfde sloepsnummers worden ook op het echoloodpapier bijgeschreven.

De tijdsintervallen tussen twee metingen worden door de leider bepaald. Werkende tussen riffen en in nauwe geulen gebruikt men geen vast tijdsverloop, doch meet bij het bereiken van rifranden, zandbanken, overschrijden dieptelijnen enz. Op diep water, bij geleidelijk verloop van het bodemprofiel, kan men een vast tijdsverloop aanhouden, dat afhangt van de schaal waarop men werkt, of men een duidelijk merk kan houden of een boog stoomt, of de stroom veranderlijk is, enz. In het algemeen neemt men aan, dat de meetpunten op het sloepsblad onder de gunstigste omstandigheden niet verder dan maximaal 3 à 4 cm van elkaar verwijderd mogen zijn.

### 9.4.3 Sloepsbemanning

Een volledige sloepsbemanning bij gebruik van het handlood bestaat uit: 2 officieren, 1 roerganger, 1 motorist, 1 opschrijver, 4 loders, tevens inhalers (totaal 9 man). Steeds zijn 1 loder en 1 inhaler aan het lood; na elk kwartier b.v. wordt omgewisseld en na elk half uur komt de andere ploeg. De loder houdt tevens uitkijk.

Bij voortdurend gebruik van de slaggaard en bij het gebruik van het echolood kan met 2 loders (slaggaardstekers) volstaan worden, zodat de totale sloepsbemanning dan 7 man wordt. De loders worden dan in hoofdzaak gebruikt als uitkijk op de voorplecht (vooral in koraalgebieden) en voor het bepalen der grondsoorten.

Bij eskaderloden kan op een sloep bovendien met één officier volstaan worden, zodat de sloepsbemanning wordt teruggebracht tot 6 man. Onder bepaalde omstandigheden kan men één of beide loders zelfs ook laten vervallen.

Is de opschrijver goed geoefend, dan kan deze tevens het echolood bedienen; zo nodig is de motorist hem op drukke ogenblikken behulpzaam. In andere gevallen wordt een speciale paai voor het echolood ingeschakeld.

#### 9.4.4 Lodingboekje en taak opschrijver

Het lodingboekje wordt bijgehouden door de opschrijver. Op de titel van elk boekje wordt aangetekend de naam van het schip, het algemeen terrein waarop gewerkt wordt en de naam van de officier, onder wiens leiding de ingeschreven tochten verricht zijn, benevens een volgnummer in Romeinse cijfers. Op de omslag worden de data en snelliusnummers van alle erin opgenomen tochten aangekend.

Voor elke officier worden dus aparte boekjes bijgehouden, die doorlopend genummerd zijn.

Vóór de aanvang van elke lodingtocht wordt vermeld: datum, te beloden terrein, te bepalen betoning, of gedeelte van te bepalen kustlijn, namen der deelnemende officieren, naam van de opschrijver, nummers van de sloep en van het echolood.

Op terreinen, waar de omwentelingssnelheid van het echolood van tijd tot tijd gewijzigd moet worden, worden tevens de bepaalde temperatuur en zoutgehalte van het zeewater vermeld, alsmede het ingestelde aantal omwentelingen.

Vervolgens worden vermeld de tijd van vertrek van boord en van aanvang van het lodingwerk. Alle plaatsbepalingen worden doorlopend genummerd en aan boven- en onderzijde door een horizontale streep afgesloten. Wordt booggestoomd of een merk gehouden, waarbij slechts één hoek gemeten wordt, dan worden deze hoeken (snijbogen) met kleine letters aangeduid en niet met een nummer, dus na snellius no. 369, b.v. a, b . . . 370, 371, a, . . . enz.

De meetpunten worden van links naar rechts benoemd en onder elkaar opgeschreven, waarbij elke meter aan de opschrijver opgeeft, welke hoek hij meet (1e of 2e hoek).

Bij elke plaatsbepaling wordt de tijd tot in  $\frac{1}{4}$  minuten nauwkeurig opgeschreven, verder de daarna gestuurde koers, boog of merk, de diepte ter plaatse (indien niet met echolood gelood wordt), eventuele bijzonderheden (ligging van riffen, kust, snijdingen op kenbare punten, stroomrafelingen, grondsoort, vaartwijziging, verstomen enz.).

Zolang een zelfde snellius of boog gemeten wordt, behoeven de namen der aangemeten punten niet opnieuw herhaald te worden, doch volstaat men met een tweetal schuine evenwijdige lijnen. Wordt nog een derde hoek gemeten, dan moeten de meetpunten van deze hoek volledig vermeld worden en de daarop volgende snellius moet dan in elk geval compleet met de meetpunten opgeschreven worden.

Met vermelding van tijd worden bovendien vermeld de wijzigingen in phase of diepteschaal op het echolood, de met het lood verkregen diepten (niet met echolood), het overgaan van handlood op slaggaard of Lucaslodingmachine, het wijzigen der omwentelingssnelheid van het echolood, het verstomen, het werpen van boeitjes, enz.

Bij voortdurend loden met slaggaard of handlood, waarbij de motorsloep niet gestopt wordt (dus op ondiep water), vermeldt men alle lodingen in de daarvoor bestemde kolom onder elkaar en volstaat met de tijd ervan om de minuut aan te geven, hetzij op, hetzij tussen de lodingen.

Indien voor dezelfde snellius de snelliusknop van het echolood tweemaal wordt ingedrukt, wordt dit eveneens in het boekje vermeld, terwijl op het echoloodpapier beide snelliuslijnen hetzelfde nummer krijgen (zie V.V.K.M. 6, par. 7900.1).

Verder worden op het echoloodpapier aangetekend de snelliusnummers (of letters bij het meten der bogen), ondiep- of diepschakeling en phase.

Behalve dat de leider zoveel mogelijk zelf het bodemverloop op het papier van het echolood in het oog houdt, zal hij vaak de opschrijver (of paai van het echolood) opdracht geven bij het bereiken van een bepaalde diepte te waarschuwen. Verder moet steeds de leider (ook zonder verstrekte opdracht) gewaarschuwd worden van plotselinge en sterke diepteveranderingen (ook, en vooral juist dan, als de wijziging slechts zeer kort duurt), van wegvallen der registratie, enz. Voor meer bijzonderheden zie men par. 7600 en 7900 van V.V.K.M. 6.

Op open terrein worden de snelliusmetingen of bogen met een bepaald tijds-interval verricht, zonder dat het echter noodzakelijk is zich hier strikt aan te houden. De leider zegt dan b.v. aan de opschrijver: „waarschuwen om de 3 minuten” en rekent daarbij, dat de hoeken ongeveer om de  $3\frac{1}{2}$  minuut gemeten worden.

De opschrijver begint de tijd te tellen vanaf het ogenblik, dat de vorige snellius gemeten werd (als de sloep zijn vaart behoudt), of vanaf het ogenblik, dat na het meten weder wordt aangezet. Na 3 minuten waarschuwt hij: „tijd” en schrijft op het moment van „stoppen” de tijd op. Wordt tevoren met de sloep gestopt en achteruitgeslagen, dan wordt de tijd genoteerd, waarop de sloep practisch stil ligt (dus niet de tijd van meting); e. e. a. op aanwijzing van de leider en op dit tijdstip wordt tevens voor de eerste maal de snelliusknop ingedrukt. Bij vertrek wordt de knop voor de tweede maal ingedrukt en de tijd opnieuw genoteerd.

Werkende in de nauwte of tussen riffen wordt het ogenblik van meten door de leider zelf bepaald, zodat de opschrijver dan niet behoeft te waarschuwen.

Indien tijdens een lodingtocht van het handlood is gebruik gemaakt en bij contrôle hiervan bij terugkomst aan boord blijkt dat op de aflezingen hiervan een correctie dient te worden toegepast, zo wordt deze correctie in het boekje bij de *aanvang* der tocht genoteerd.

#### 9.4.5 Bijhouden sloepsblad

Teneinde het regelmatig leggen der slagen te bevorderen, te voorkomen dat er „heilige dagen” vallen, het verloop van kustlijn of rifrand te kunnen weergeven en gewaarschuwd te worden bij wijziging van het diepteverloop, wordt het sloepsblad bijgehouden.

De afgelegde trajecten worden hierop geconstrueerd met gradenboog of plaats-passer. Het verdient aanbeveling op dit sloepsblad tevens het verloop van de diepte aan te tekenen, de dieptelijnen grofweg in te schetsen evenals de bepaling van de kustlijn, de eilanden, de op snijding gelegde kenbare punten, de riffen, enz. en alle mogelijke aantekeningen op dit blad te schrijven, zodat het zo goed mogelijk kan medehelpen als de tekenaar aan boord later de tocht op het constructieblad afzet en daarna het minuutblad gemaakt wordt (als regel door de commandant). Een nauwkeurig en uitgebreid bijgehouden sloepsblad zal zowel bij het lodingwerk als bij het tekenwerk veel bijdragen tot het slagen van de arbeid en het zal antwoord geven op menige vraag welke bij het tekenwerk oprijst.

#### 9.4.6 Bepaling van tonnen

Tijdens het lodingwerk moeten ook alle op het terrein aanwezige tonnen en lichtboeien vastgelegd worden. Om de lodingslagen niet telkens te behoeven af te breken, geschiedt de bepaling der betonning veelal als aparte tocht of wel vóór of

na het lodingwerk van die dag. Hierbij moet men er rekening mede houden, dat de plaatsbepaling steeds bij de ton (en dus niet boven de — geschatte — plaats van de steen moet geschieden) en *over de eb* moet plaats hebben.

Zo mogelijk neemt men een rondmeting, doch meet in elk geval tenminste drie bogen. Tevens wordt genoteerd, of 3 of meer tonnen in één lijn liggen, dan wel dat een ton in een bepaald kenbaar merk ligt. Eén en ander geeft niet alleen gemak bij het constructiewerk en het opsporen van fouten, doch ook voor controle bij verdrijving. Verder wordt een volledige omschrijving van de ton (vorm, kleur, nummer en van een lichtboei bovendien karakter, periode en kleur van het licht) gegeven en de diepte ter plaatse met de tijd opgeschreven.

In Nederland, waar de vaarwaters aan voortdurende verandering onderhevig zijn en daarom de opnemingen met periodieke tussenpozen verricht worden, komt het vaak voor, dat de betonning aan de hand van het inmiddels gereedkomende minuutblad wordt verlegd en dus opnieuw moet worden bepaald alvorens het terrein verlaten wordt. Daarom verdient het aanbeveling de plaats der tonnen voorlopig slechts in potlood op constructie- en minuutblad te plaatsen en eerst als men zeker is, dat geen verlegging zal plaats hebben, dan wel na verlegging, één en ander definitief in inkt te zetten. In ieder geval moet zulks gebeuren, voordat het terrein verlaten wordt. Op het minuutblad geeft de in de legenda voorkomende datum daarbij aan, tot welk tijdstip het blad „bij” is.

Het *uitleggen* van een betonning behoort niet tot de taak van Hydrografie. Indien de opnemer daar echter onder bijzondere omstandigheden mee belast zou worden, dient met de volgende aanwijzingen rekening gehouden te worden.

Stel, dat men een vaarwater, na beloding en zo nodig afdreggen, wil vrijgeven voor een diepte van 70 dm, m.a.w. het binnen de verbindingslijnen der tonnen liggend gebied moet overal bij het reductievlak van de kaart deze of een grotere diepte bezitten.

Men trekt nu op het minuutblad (of een calque ervan) in potlood de 70 dm dieptelij en bepaalt aan de hand hiervan de plaats der tonstenen.

De verbindingslijn tussen de tonstenen aan één zijde van het vaarwater moet dus steeds lopen over diepten, die gelijk of groter dan 70 dm zijn. In zeer nauwe vaarwaters en bij een minuutblad op grote schaal is het nog nodig rekening te houden met de lengte der tonketting, zodat bij elke ligging van de ton de verbindingslijn over voldoende diepte loopt.

De onderlinge afstand der tonnen hangt af van het verloop der bochten in het vaarwater, de grootte der tonnen en in verband daarmee de onderlinge zichtbaarheid, en van het gemiddeld heersende zicht. Onder normale omstandigheden moet men, het vaarwater volgende, steeds tenminste 2 à 3 tonnen „verder” kunnen zien.

De hoeveelheid tonketting hangt af van de diepte, de stroomsterkte, het verval en de te verwachten weersgesteldheid. Ongeveer twee maal de diepte bij hoogwater is een normale waarde. Op grote diepte moet rekening worden gehouden met het drijfvermogen van de ton en het gewicht van de ketting. Niet alleen het eigen gewicht van de ketting is maatgevend, doch ook de heersende stroomsterkte.

De diameter der tonketting en het gewicht van de tonsteen hangt samen met de grootte van de ton. Hoe verder de tonnen uit elkaar liggen en hoe meer zeewaarts, des te grotere tonnen worden gebruikt.

Bij de Dienst der Betonning van het Nederlandse Loodswezen worden o. m. de volgende standaardafmetingen gebruikt:

| Ton     |       |               | Zeetonketting <sup>1)</sup>  |                         | Tonsteen               | Sluitharp     | Wartel        |
|---------|-------|---------------|------------------------------|-------------------------|------------------------|---------------|---------------|
| Grootte | Soort | Gewicht in kg | Diameter in mm <sup>2)</sup> | Gewicht in kg per 100 m | Gewicht in kg          | Gewicht in kg | Gewicht in kg |
| 6e      | spits | 125           | 13 <sup>3)</sup><br>en 16    | 335<br>en 518           | 250                    | 0,8<br>en 1.6 | 1<br>en 2,5   |
|         | stomp | 142           |                              |                         |                        |               |               |
|         | bol   | 136           |                              |                         |                        |               |               |
| 5e      | spits | 179           | 19                           | 705                     | 380                    | 2,7           | 4             |
|         | stomp | 203           |                              |                         |                        |               |               |
|         | bol   | 188           |                              |                         |                        |               |               |
| 4e      | spits | 284           | 22                           | 915                     | 560                    | 4,3           | 5,8           |
|         | stomp | 316           |                              |                         |                        |               |               |
|         | bol   | 291           |                              |                         |                        |               |               |
| 3e      | spits | 426           | 25                           | 1170                    | 790                    | 6             | 9             |
|         | stomp | 470           |                              |                         |                        |               |               |
|         | bol   | 423           |                              |                         |                        |               |               |
| 2e      | spits | 590           | 29                           | 1580                    | 1090                   | 9,5           | 13,5          |
|         | stomp | 645           |                              |                         |                        |               |               |
|         | bol   | 582           |                              |                         |                        |               |               |
| 1e      | spits | 881           | 32                           | 1870                    | 1e A 2060<br>1e B 1430 | 12,5          | 18            |
|         | stomp | 967           |                              |                         |                        |               |               |
|         | bol   | 863           |                              |                         |                        |               |               |

Voor de samenstelling der verankering van tonnen zie fig. 9.13.

Indien nodig geoordeeld, wordt op een daartoe geschikte plaats in de verankering van een zeeton een wartel geplaatst, die dan aan de lummelzijde door een sluitharp met ronde bout en aan de beugelzijde door een sluitharp met ovale bout wordt opgesloten. De wartel wordt met de lummel naar beneden (tonsteeneinde) geplaatst.

Moet een vaarwater ook met lichtboeien worden bevuurd, dan hangt de onderlinge afstand dezer boeien in de eerste plaats af van de afstand tussen de opvolgende bochten in het vaarwater, omdat deze boeien daar in de eerste plaats gelegd worden. Is deze afstand te groot voor de onderlinge zichtbaarheid bij nacht, dan moeten lichtboeien tussengevoegd worden.

De lichtboeien zijn als regel zo uitgelegd, dat na het passeren van een lichtboei of na het rondan ervan in een bocht, koers gesteld kan worden naar de volgende lichtboei. Dit brengt met zich mede, dat de lichtboeien de vaarroute goed moeten aangeven en nabij de verbindinglijnen steeds een veilige waterdiepte moet staan; bovendien dat in deze posities der lichtboeien de verbindinglijnen ervan steeds voldoende binnen de normale betonning liggen, zodat de scheepvaart 's-nachts van deze betonning geen hinder ondervindt.

<sup>1)</sup> Zeetonketting is ketting zonder dam.

<sup>2)</sup> Eventueel wordt op diep water een lichter soort ketting gebruikt.

<sup>3)</sup> Wordt gebruikt op diep water.



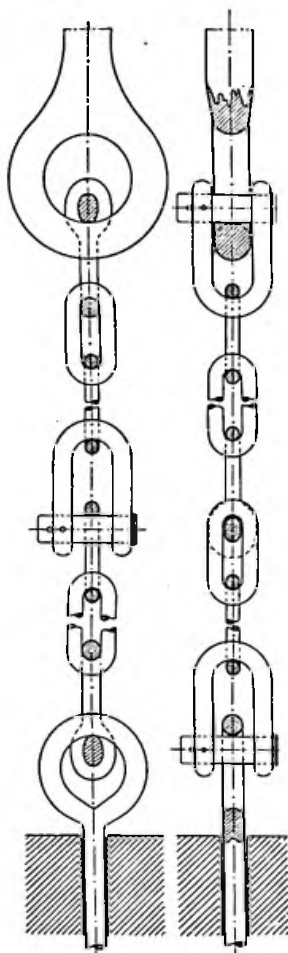


Fig. 9.13

Zolang het internationale stelsel van betonning nog niet van toepassing is moeten de te gebruiken soort tonnen en toptekens steeds overeenkomen met het voor het betrokken gebied vastgestelde stelsel van betonning, zoals dit in zeemansgidsen met bijlagen is vermeld.

Om zich een denkbeeld te vormen van de wijze waarop de betonning uitgelegd moet worden, verdient het aanbeveling zeekaarten, waarop betonning van vaarwaters in het betreffende gebied voorkomt, te raadplegen en het toegepaste stelsel van betonning grondig te bestuderen.

Bij het projecteren der betonning houde men verder rekening met reeds aanwezige lichten- en merklijnen, die bij het bevaren of als waarschuwing voor koersverandering gemak kunnen opleveren.

Dit is vooral van belang om de hoeveelheid te gebruiken tonnen te beperken en bovendien bij verdrijven of slecht zicht. Vanzelfsprekend moet het gecombineerd gebruik van betonning en merklijnen in het hydrografisch rapport worden vermeld voor opname in de zeemansgids.

Het uitleggen der betonning geschiedt op snellius. Men houdt daarbij een bekend merk of stoomt de boog, die meer of minder in de richting van het vaarwater loopt. Het leggen der tonnen geschiedt bij voorkeur steeds „in stroom”. Voor men ter plaatse is, wordt de ton buitenboord gezet en aan een gedeelte tonketting gesleept. De steen hangt achteruit aan sliphaak of snijstrop, in elk geval klaar om te vallen. Met geringe vaart nadert men de vastgestelde plaats, laat op de uitroep „stop” van de hoekwaarnemers de steen vallen en vermeerdert zo nodig vaart om vrij te blijven van de ketting.

Na het leggen en over de eb worden alle tonnen bepaald, de diepte gelood en met de tijd genoteerd.

## X. DREGGEN

### 10.1 Algemeen

#### 10.1.1 Inleiding

Lodingwerk in zeegebieden met koraal- of rotsformaties, waar vulkanen werkzaam zijn of onbekende wrakken voorkomen, geeft op zichzelf niet voldoende zekerheid dat alle ondiepten gevonden of de minste diepten er boven met juistheid bekend zijn.

Voor het geheel veilig stellen van zulke gebieden voor de scheepvaart bestaat tot op heden slechts één methode, nl. het afdreggen.

#### 10.1.2 Geschiedenis

De U.S. Coast and Geodetic Survey, gedwongen door de gevaarlijke toegangen tot de havens van Alaska, is reeds in het jaar 1904 begonnen met de dregmethode, zij het eerst op primitieve wijze, en later opklimmend tot steeds grotere volmaaktheid, zodat zij mag worden genoemd de leermeesteres van allen, die thans het dreggen uitvoeren.

In Frankrijk is men eerst in 1923 ernstig met deze arbeid begonnen. Het dramatische ongeluk met „La France”, een der grootste en nieuwste slagschepen van Frankrijk, dat in de Passage de la Teignouse, toegang gevende tot de Baie de Quiberon, een van de belangrijkste vaarwaters voor de Franse oorlogsvloot, op een onbekende steen stootte en ogenblikkelijk zonk, ontketende in Frankrijk een storm van verontwaardiging. „Dat zo iets kon geschieden”. En toen in de daarop volgende rechtzittingen, ter verdediging van de Hydrografische Dienst het geval werd gesteld: „indien de zee de Place de la Concorde overspoelde, zou een opnemer dan de Obelisk aanloten?”, had daarop het antwoord kunnen zijn: „*hoogstwaarschijnlijk niet*, als de opnemer zijn arbeid blijft uitvoeren met loodwerpen (en ook niet, in de tegenwoordige tijd, met het echolood), maar *hoogstwaarschijnlijk wel*, indien hij de belangrijke routes afdregt”.

De Nederlandse Hydrografische Dienst verrichtte reeds vóór de eerste wereldoorlog incidenteel dregwerkzaamheden in de Oost Indische Archipel met een geïmproviseerde dreg (Kangean Archipel, 1913; Straat Laut, 1925). Dat dit werk geenszins overbodig was, bleek wel uit het stoten van het s.s. „Riouw” op een ondiepte op de druk bevaren en nauwkeurig opgelode rede van Soerabaja in het jaar 1919. De plaats van deze ondiepte werd daarop met de dreg bepaald, waarbij tevens een tweede ondiepte werd gevonden.

Zolang echter de eerste stelselmatige opneming van de O.-I. Archipel nog niet grotendeels voltooid was, bestond er geen gelegenheid het dregwerk op uitgebreide schaal te verrichten. Eerst in 1931 werd hiermede aangevangen, waarbij in principe dezelfde methode gevolgd werd als bij de U.S. Coast and Geodetic Survey gebruikelijk is. Hieruit heeft zich door ervaring langzamerhand een eigen werkmethode ontwikkeld.

In de Nederlandse kustwateren heeft tot de tweede wereldoorlog nimmer de behoefte aan dregwerk bestaan. Door de vele gezonken schepen in dit druk bevaren zeegebied is het thans echter nodig geworden de minste diepte boven vele wrakken nauwkeurig te weten. Sedert 1946 geschiedt zulks door afdreggen.

### 10.1.3 Betrouwbaarheid

Alhoewel de dreg zekerheid biedt bij het vinden van wrakken, rots- en koraalformaties, geldt niet hetzelfde voor zand- en modderbanken. Immers hierbij zal steeds de mogelijkheid aanwezig zijn, dat de dreg geleidelijk over de ondiepte wordt heengelicht, zonder te blijven steken; dit is gebleken mogelijk te zijn bij een diepte van 2 m minder dan de diepte-instelling van de dreg. In het algemeen zijn dergelijke heuvels, ruggen en banken echter van een zodanige omvang, dat deze bij een normale beloding op voldoende grote schaal meestentijds ontdekt zullen worden, terwijl het regelmatige bodemverloop het vrij eenvoudig maakt de juiste diepte met het echolood te vinden. Is de diepte belangrijk geringer dan de diepte, waarop het dregtuig is afgesteld, dan zullen bij het passeren de boeitjes kantelen en de voortgang vertraagd worden, zodat de aanwezigheid van een ondiepte nu wel geconstateerd wordt. Echter zullen bij te grote snelheid van het dregtuig door het water de kleine boeitjes eveneens scheef komen te liggen, waardoor het op deze wijze constateren van ondiepten onmogelijk zou worden. De snelheid, waarbij de boeitjes nog rechtop blijven staan, dient proefondervindelijk bepaald te worden ( $\pm 1,5$  zeemijl) en dient niet overschreden te worden.

Bovendien moet een tweede voorbehoud gemaakt worden. Hoewel de plaats van een ondiepte van permanente aard is, geldt dit niet voor de gevonden minste diepte. Zo zullen in vulkanische gebieden nieuwe ondiepten kunnen ontstaan, oude verdwijnen of van diepte veranderen.

Door het ontstaan van een slijpgeul naast wrakken in gebieden, waar stromen optreden, wordt het wrak ondermijnd. Meestal zal het hierdoor langzamerhand dieper zakken tot het wrak op een harde bodemlaag is gekomen (voorbeeld J. P. Coen tussen de buitenpieren van IJmuiden, waar het wrak tenslotte op de kleilaag kwam en niet verder zakte). Geschiedt deze daling alleen bij voor- of achterstevan, dan kan het andere einde hoger komen te liggen. Ook bestaat de mogelijkheid van breken, waarbij beide delen van het wrak een nieuwe positie innemen. Door het meer verticaal komen van masten, schoorstenen of laadpalen kan de aanvankelijk gevonden minste diepte zelfs belangrijk kleiner worden.

Tenslotte groeien koraalriffen aan. Betrouwbare cijfers van deze groei zijn nog niet bekend, omdat hiertoe noodzakelijkerwijs vergelijkingen moeten worden genomen op een zelfde rif met vele jaren tussenruimte. Bij de oude opnemingen bestaat echter geenszins zekerheid, dat de minste diepte werd gevonden, terwijl de kennis van de verticale getijbeweging toen en ook nu vaak onvoldoende bekend is om een nauwkeurige schatting te maken. Onzeker is hierbij tevens de ligging van het oude reductieveld, dat meestal niet meer terug te vinden zal zijn, en eventuele bodemdaling of bodemverheffing.

Rekening houdende met bovenstaande onzekerheden, kwam de heer J. Th. Verstelle tot een mogelijke maximale verticale aangroei van gemiddeld 14 cm per jaar, terwijl de toenmalige Chef der Hydrografie meende, dat de scheepvaart *hoogstens* te rekenen heeft op een mogelijke aangroei van één meter in vijftien jaar.<sup>1)</sup>

---

<sup>1)</sup> Zie de artikelenreeks in „de Zee” jaargang 1931 blz. 229, 376 en 1932 blz. 161, 541; voorts „Treubia”, Dec. 1932 blz. 117-126.

### 10.1.4 Principe van het dregtuig

Het dregtuig bestaat uit een staaddraad, bodemlijn genoemd, en uit boeien met ballasten, welke ten doel hebben deze bodemlijn op een bepaalde constante diepte te houden en door inkorten of verlengen der ophouders wijzigingen hierin te kunnen aanbrengen i. v. m. de waterbeweging enz. (fig. 10.1).

De dreg, welke door de dregboten wordt gesleept, gaat in een bocht staan (fig. 10.2). Bij het „pikken” van de dreg komt er meer kracht op de bodemlijn, welke somtijds breekt. Meestentijds krijgt men aanwijzing door het balken van de boeitjes en doordat de bocht in de boeitjes een geknikte rechte lijn wordt (fig. 10.3). Heeft de dreg op deze wijze een ondiepte gevonden, dan bepaalt de volgboot het minste water en neemt een plaatsbepaling. Vervolgens wordt getracht de dreg op te halen tot over de ondiepte, waarop gewoon doorgetrokken kan worden. Is zulks niet mogelijk, dan zal de dreg ingehaald dienen te worden en daarna opnieuw geschoten.

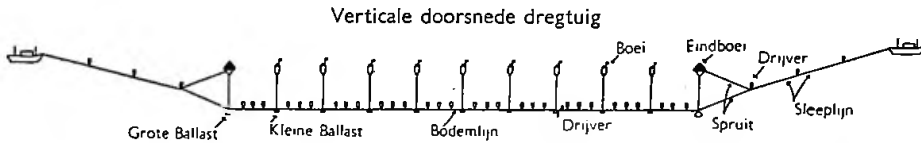


Fig. 10.1

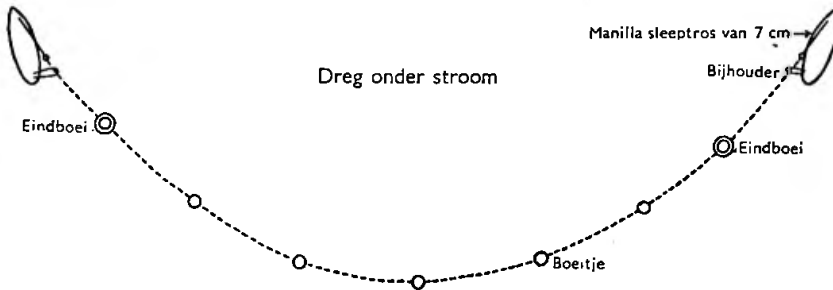


Fig. 10.2



Fig. 10.3

Onder normale omstandigheden legt de dreg gemiddeld  $1\frac{1}{2}$  mijl per uur door het water af. In verband met deze geringe vaart zal steeds getracht worden vóór de stroom te dreggen, teneinde door de stroomcomponent in de koersrichting de vaart over de bodem te verhogen. Het is daarom noodzakelijk de stroomrichting zo goed mogelijk te kunnen voorspellen, teneinde hiermede met het werkplan voor iedere dag rekening te kunnen houden. Zijn voor het terrein geen stroomconstanten bekend, dan zal men door voortdurend stroomrichting en snelheid waar te nemen trachten een zo goed mogelijk inzicht in het stroomverloop te krijgen.

Een dergelijk tuig (wire drag) wordt ook door de U. S. Coast and Geodetic Survey gebruikt. Deze gebruikt echter in gebieden, waar de diepte in het algemeen zeer veel groter is dan de diepte waarop afgedregd zal worden en waar vermoedelijk geen ondiepten voorkomen, de „wire sweep” (fig. 10.4). Hierbij worden geen drijvers gebruikt, terwijl de (normale) bodemlijn slechts op onderlinge afstanden van 600 à 750 m door grote boeien met ballasten wordt opgehouden. De totale lengte van het tuig bedraagt daarbij van 3000 tot 6000 m. Het is duidelijk, dat de bodemlijn tussen de boeien aanzienlijk zal doorzakken, zodat wijzigen van de ingestelde diepte geen zin heeft en de bodemlijn steeds op de gekozen maximum dregdiepte blijft ingesteld.

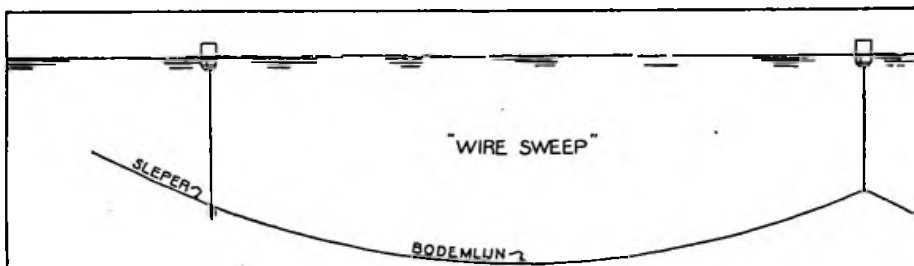


Fig. 10.4

Een verder gevolg is, dat de bodemlijn in een grotere boog zal gaan staan, waardoor men slechts op een nuttige lengte van 75 % rekent. Men verkrijgt geen nauwkeurige inlichtingen omtrent de diepte. Het werk is dus uitsluitend „zoeken naar gevaren in diep water”.

De onderverdeling van de bodemlijn in stukken van 30 m is gehandhaafd, eveneens het gewicht der ballasten. „Testen” vervalt vrijwel geheel. Slechts zal men een enkele keer onderzoeken hoe groot het verschil tussen de ophouders en de laagste bocht van de bodemlijn is ten einde goede gegevens te hebben omtrent de minimum diepte waarop de sweep gebezigd kan worden. Men kan aannemen, dat bij afstanden tussen twee boeien van 750 m en ophouders van 30 m de bodemlijn zakt tot ongeveer 50 m diepte en dat de grote ballasten bij een vaart van drie mijl ongeveer 8 m lichten.

Het is duidelijk, dat men met een dergelijke sweep een flinke vaart moet houden, omdat hoe kleiner de vaart, hoe groter de zak in de bodemlijn; liggen de slepers stil, dan zakt de lijn naar beneden. Men zal zeer voorzichtig weer in vaart moeten komen.

Voor terreinen als de Java Zee zou een dergelijke „sweep” een doelmatige werkwijze bieden; voor de straten en passages welke nog moeten worden afgezocht, is deze methode echter te ruw en vereist te diep water.

Met het moderne Nederlandse tuig, waarbij over 4 eindboeien beschikt wordt, is het dus mogelijk op bovengenoemde wijze te dreggen met een tuiglengte van 2250 m ( $3 \times 750$  m), welke lengte bij gebruik van enige kleine boeien met geringer tussenruimte nog belangrijk kan worden opgevoerd.

In de volgende paragrafen zal slechts de werkwijze met het normale Nederlandse dregtuig besproken worden. Dit tuig kan met elke gewenste lengte tot 3120 m gebruikt worden.

De vereenvoudiging, door het gebruik van de „wire sweep”, volgt dan vanzelf uit genoemde beschrijving.

#### 10.1.5 Af te dreggen gebied

De vraag kan gesteld worden, welke gebieden moeten worden afgedregd. Het boven besprokene geeft hierop reeds grotendeels antwoord, terwijl veelal in de instructie voor de commandant globaal het af te dreggen gebied zal worden genoemd.

Aangezien het dregwerk echter een zeer tijdrovende, dus dure arbeid is, dient dit zoveel mogelijk beperkt te worden. Het is natuurlijk onmogelijk grote zeegebieden met koraalformaties volledig af te dreggen. Men beperkt zich tot de belangrijke scheepvaartroutes, vaarwaters en merklijnen, toegangen tot baaien en reden. De breedte der af te dreggen stroken moet zodanig zijn, dat met de ter beschikking zijnde hulpmiddelen voor de navigatie een schip gemakkelijk binnen de afgedregde geul kan blijven. Zo nodig zullen hiertoe bakens geplaatst of boeien gelegd moeten worden. Doet men een dergelijk voorstel in het hydrografisch rapport, dan vergete men vooral niet zodanige aanwijzingen voor de posities hiervan te geven, dat deze later altijd terug te vinden zijn (snelliushoeken op blijvende punten, merklijnen e.d.).

Hoewel het vorenstaande het opsporen van *eventuele* ondiepten betreft, wordt dit niet toegepast bij *gerapporteerde* ondiepten en wrakken. Deze worden vrijwel uitsluitend met asdic en echolood opgezocht en vervolgens op minste diepte afgedregd. In de Britse Marine gebruikt men voor het zoeken van gerapporteerde gevaren echter ook wel het mijnenveegtuig.

Gewezen wordt op de mogelijkheid deze gevaren bij goed bakenzicht op te zoeken en voorlopig met een boeitje te merken. Zij kunnen dan eventueel bij slecht zicht afgedregd worden, gedurende welke dagen immers toch vaak geen lodingwerk mogelijk is. Het bovenstaande is vooral op de Nederlandse kust van belang, waar men later het boeitje weer met behulp van decca terug kan vinden.

#### 10.1.6 Diepte-instelling <sup>1)</sup>

De ophouders van het tuig hebben een lengte van 250 dm, waarbij een maximum dregdiepte van ongeveer 240 dm bereikt kan worden.

De grootst voorkomende diepgang van schepen is ongeveer 112 dm. In verband met niveaudaling bij hoge vaart en voorkomende deining zou zeker met een afgedregde diepte van 145 dm voor de bovenwaterscheepvaart kunnen worden volstaan.

Voor eventuele lift van de dreg moet hier 5 dm bijgeteld worden, zodat deze zo mogelijk op 15 m zal worden afgesteld als de waterstand samenvalt met het reductievlak van de kaart.

<sup>1)</sup> Bij deze beschouwing is geen rekening gehouden met een veiligheidsfactor voor de aangroeiing van koraalriffen (zie par. 10.1.3).

Aangezien het voortdurend verstellen van de dregdiepte tijd kost en men bovendien nimmer tevoren geheel juist de waterstand kan schatten, zal men deze complicatie trachten te vermijden door de dregafstelling zoveel groter te nemen als de maximum rijzing bedraagt.

Het bovenstaande is de meest ideale toestand, die slechts toegepast kan worden, indien men geen ondiepten verwacht, welke bij de laagst te verwachten waterstand door de dreg gepikt zouden worden.

Is de waterdiepte weinig meer dan 150 dm en wil men op maximum diepte afdreggen, dan moet tevoren een geschatte getijkromme voor de dagen waarop dregd zal worden, samengesteld worden. Een globale kennis van het verticale getijverloop is daarvoor dus nodig.

Tijdens het dreggen zal men de diepte-instelling voortdurend moeten wijzigen om het gestelde doel te bereiken. De tijd en de positie van de dreg moeten met het veranderen van de diepte-instelling genoteerd worden, waarbij men bedenke, dat met het *hoger* afstellen tijd en plaats van *aanvang*, met het *dieper* afstellen tijd en plaats van *gereedheid* der diepteverstelling maatgevend zijn.

Het is ook mogelijk slechts een gedeelte van de dreg hoger af te stellen om bepaalde bekende ondiepten te vermijden (fig. 10.5).

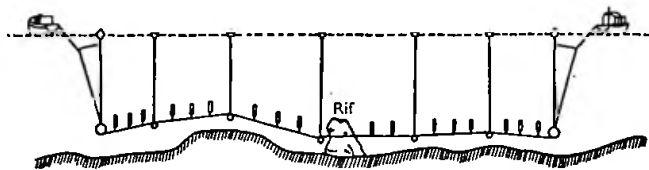


Fig. 10.5

Voor onderwatervvaart kan in sommige gevallen gevraagd worden tot een grotere diepte af te dreggen. Beperkt men het dregwerk dan tot om en nabij de laagwaterstanden, dan zal men met dit tuig echter slechts een maximum van ongeveer 220 dm kunnen halen. Hierbij is geen rekening gehouden met deining en zeegang. Is deze aanwezig, dan moet de halve hoogte hiervan bij de diepte-instelling opgeteld worden. De hoogte van deining en zeegang kan bepaald worden met het echolood door op vlakke bodem stilliggend het verloop op te meten.

In vele gevallen zal het niet mogelijk zijn op zulke grote diepten af te dreggen. Blijkt uit het lodingwerk, dat in het terrein vele riffen met variërende diepten verspreid liggen, dan zal men allereerst een keuze maken welk gedeelte afgedregd zal worden.

Hierbij dient rekening gehouden te worden met een voldoende breedte, zoveel mogelijk gestrekte dregstroken en een diepte, die voldoende is voor de tegenwoordige en later te verwachten scheepvaart in dit zeegebied. Deze eisen zullen veelal tegenstrijdig zijn, waarbij men dan de voor- en nadelen tegen elkaar moet afwegen.

Verder moet bedacht worden, dat de geprojecteerde dregstrook slechts een voorlopige kan zijn, omdat het in zulk een terrein vrijwel zeker is, dat met dreggen nog verschillende riffen zullen worden gevonden, waardoor de oorspronkelijke opzet misschien gewijzigd zal moeten worden.

Daarom is het nodig het project enige „armslag” te geven, zodat men tijdens het dregwerk hierin wijzigingen kan brengen als de omstandigheden dit noodzakelijk maken. Zo is het bijvoorbeeld verkeerd, indien ook andere mogelijkheden bestaan,

de dregstrook te projecteren tussen twee lange rijen ondiepe riffen. Zou tegen het einde van het werk blijken, dat de geul min of meer versperd is, dan is daarmee alle tijd en arbeid verloren gegaan.

De diepte-instelling zal men nu verder zo nemen, dat de dreg vrijloopt van het rif met de kleinste bekende diepte (in het algemeen 5 dm minder). Dieper afdreggen aan beide zijden van dit rif brengt voor de scheepvaart geen voordeel mede, tenzij het betreft de passage van een ondiepe drempel naar een rede of baai met dieper water. In dit geval zou men voor en achter de drempel zoveel dieper kunnen afdreggen als de rijzing bij springtij bedraagt.

Wordt tijdens het dreggen een rif gevonden, dan wordt hierop met het lood voorlopig de minste diepte bepaald en het rif nagedregd met een diepte-instelling, die 5 dm minder dan de gevonden diepte bedraagt. Pikt de dreg wederom, dan wordt deze opnieuw 5 dm hoger gesteld, tot de dreg vrijloopt. De laatst gebruikte diepte wordt dan beschouwd als de minste diepte op het rif. Op drempels of in nauwe vaarwaters wordt de diepte door dreggen in dm nauwkeurig bepaald. Bij dit alles moet natuurlijk nauwkeurig met de waterstand rekening gehouden worden, zowel bij het bepalen van de diepte-instelling met de geschatte kromme als later tijdens de uitwerking met de waargenomen getijkromme.

In vele gevallen is de waterstand niet met voldoende zekerheid te voorspellen om de dreg telkens 5 dm hoger te kunnen stellen. Achteraf zou dan misschien blijken, dat de diepte-instelling hetzelfde gebleven of wel veel meer veranderd is dan 5 dm t. o. v. het reductievlak. Daarom verstelt men in zulke gevallen de dregdiepte steeds met 10 dm verschil, tenzij de te verkrijgen grootste dregdiepte van doorslaggevend belang is.

Een zelfde werkmethode wordt ook bij het afdreggen van wrakken toegepast.

Rekening houdende met bovenstaande overwegingen verdient het in het algemeen aanbeveling in vaarwaters door riffengebieden de diepte-instelling niet groter te nemen dan voor de te verwachten scheepvaart nodig is. Hiermede heeft men immers de minste kans, dat de dreg op nog onbekende riffen zal pikken met het daaraan verbonden tijdverlies. Is de algemene diepte, gevonden met het lood, veel groter dan de voorgenomen dregdiepte, dan zal men er tevens van afzien de dreg voor de verandering in waterstand te verstellen, zodat de diepte-instelling dan zoveel meer wordt als de te verwachten waterstand gedurende het dreggen boven het reductievlak ligt, vermeerderd met een te verwachten lift van 5 dm.

Gedurende het dreggen moet een naburige (hulp)peilschaal continu waargenomen worden.

### 10.1.7 Lodingwerk in dregstroken

De dichtheid van het lodingwerk in het algemeen wordt in par. 9.1.4 besproken.

Besluit men aan de hand van het reeds verrichte lodingwerk een zeegebied af te dreggen, dan behoeft in het kader van dit hoofdstuk hieromtrent niets meer vermeld te worden. Soms echter zal men reeds tevoren, aan de hand van de bestaande kaart of ter uitvoering van de ontvangen instructie, een dregstrook hebben geprojecteerd. De vraag rijst dan, of de dichtheid van het lodingwerk verminderd kan worden. Nu heeft het lodingwerk twee doeleinden, nl. het geven van een algemeen beeld van het diepteverloop en het voorkomen, dat gevaren over het hoofd worden



gezien. Voor het laatste zorgt thans het dregtuig, terwijl aan eerstgenoemde voorwaarde meestal reeds voldaan wordt met het leggen van een minder dicht lodingpatroon. Dit kan bijvoorbeeld geschieden door het leggen van langsslagen op het dubbele van de normale afstand tussen de lodingslagen. Vanzelfsprekend hangt de beste oplossing echter geheel van het te bewerken terrein af.

Bij dit alles moet echter één omstandigheid in het oog gehouden worden. Blijken later met het dreggen rissen gevonden te worden, dan geeft dit veel tijdverlies. Had men het terrein op de normale wijze echter belood, dan had er een redelijke kans bestaan, dat althans een gedeelte dezer rissen met het lood (en het oog) waren gevonden, hetgeen een belangrijke tijdbesparing zou hebben gegeven.

Men ga dus alleen over tot vermindering van het lodingwerk, indien een redelijke kans bestaat dat geen of slechts enkele rissen onontdekt blijven. Hiertoe kan men besluiten op grond van de zorgvuldigheid van de vroegere opname, dan wel indien het water buitengewoon helder en doorzichtig is.

## 10.2 Gebruik asdic bij zoeken obstructies

Hier zal alleen het gebruik van de asdic behandeld worden in verband met de daarna te verrichten dregwerkzaamheden. Voor een volledige beschrijving zie par. 9.3.5.

Het verdient aanbeveling een gebied, dat men wil afdreggen, eerst met de asdic te onderzoeken, teneinde zoveel mogelijk de aanwezige gevaren reeds tevoren te bepalen.

Het afzoeken met asdic biedt geen absolute zekerheid, dat alle ondiepten (wrakken) gevonden worden. Aan de andere kant zullen ook echo's verkregen worden van vele rissen, die voor het dregwerk niet belangrijk zijn, omdat deze te diep liggen. De aanwezigheid ervan bemoeilijkt echter het vinden van de enkele aanwezige werkelijke gevaren.

Men zal de zoekslagen in de lengterichting over de geprojecteerde dregstrook leggen, aangezien dit de snelste voortgang geeft. Elke echo dient onderzocht, de plaats vastgelegd en de minste diepte met het echolood bepaald te worden.

Het is ondoenlijk gehele zeegebieden, waar rissen voorkomen, met de asdic af te zoeken. Zulks geschiedt echter wel met de vrijgegeven gebieden langs de Nederlandse kust, die geheel worden onderzocht op de aanwezigheid van wrakken. Hier neemt dus het asdiconderzoek de plaats in van het dregwerk in de tropen. De gehele Noordzee afdreggen is uit praktische overwegingen onuitvoerbaar; het werken met de asdic gaat sneller, doch geeft minder zekerheid. Alleen de op deze wijze gevonden wrakken (en de reeds op andere manieren bekende wrakken) worden op minste diepte afgedregd met een korte dreg.

## 10.3 Samenstelling dregtuig

### 10.3.1 Grote dregtuig

De dreg bestaat uit een staaldraad, *bodemlijn* genoemd, welke op elke gewenste diepte met gewichten, *ballasten* genoemd, onder het wateroppervlak opgehangen kan worden aan daartoe bestemde *ophouders*, welke op hun beurt bevestigd zijn aan boeien, die op het zeeoppervlak drijven (fig. 10.6). De bodemlijn bestaat uit lijnen van 30 m staaldraad van 12,5 mm omtrek, aan beide einden voorzien van een harp en onderling verbonden door een schalmhaak en wartel.

Aan de beide uiteinden der gehele bodemlijn wordt een *grote ballast* ( $\pm 50$  kg) bevestigd, terwijl om de 120 m (4 stukken van 30 m) een *kleine ballast* ( $\pm 25$  kg), beide voorzien van een dreggetje, wordt aangehaakt.

De ophouders zijn 25 m lang, verbinden de ballasten met de boeien en zijn gemerkt in halve meters. De ophouder, die door een pijp in de boei gaat, loopt vervolgens over een aan de bovenzijde aangebrachte rol, welke door middel van een zwengel gedraaid kan worden. Hiermede wordt de gewenste afstelling verkregen, waarna een tuimelpen voor borg dienst doet.

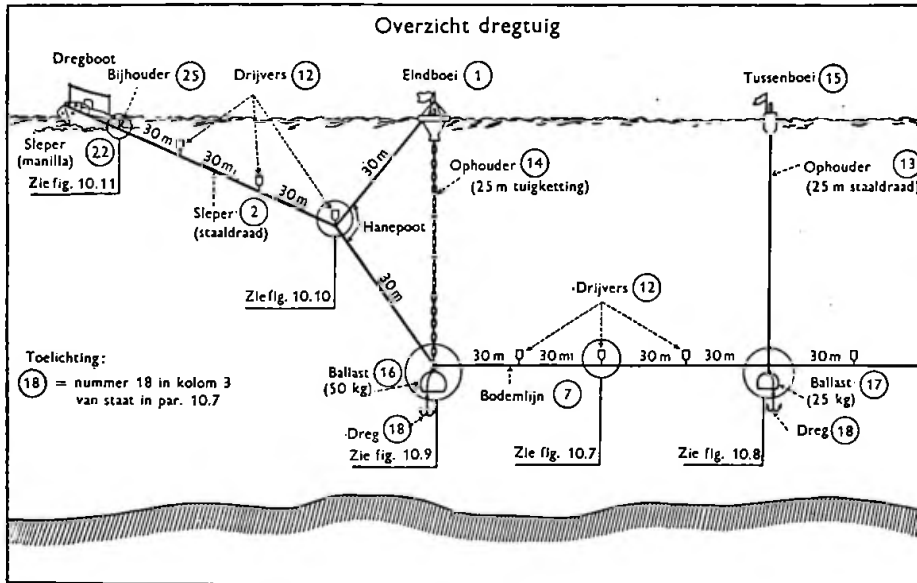


Fig. 10.6

IJzeren *drijvertjes* met oog worden met musketonhaken ingepikt op de verbindingspunten der bodemlijnen, voor zover ter plaatse geen ophouder aanwezig is. Tussen 2 ballasten bevinden zich dus doorgaans 3 drijvers, welke dienen om bij eventueel loos in de bodemlijn, deze min of meer zwevende te houden, zodat de lijn niet naar beneden zakt. Bovendien wordt bereikt, dat tijdens het dreggen de bodemlijn tussen twee ophouders niet doorzakt zo lang hierop trekkracht wordt uitgeoefend.

De *sleeplijn* is staaldraad van 25 mm. Deze bestaat uit 4 stukken van 30 m, op de 3 verbindingspunten voorzien van een drijvertje. Het éne uiteinde wordt door middel van een harp en een wartel bevestigd aan de manillasleeptros (lang 25 m), welke op een bolder vóór op de dregboot belegd is en wel aan die zijde, waar de dreg uitstaat. Voor het manoeuvreren wordt achteruit nog een *bijhouder* met harp rond de sleeplijn genomen, die men al naar omstandigheden doorhaalt of bijviert.

Het andere uiteinde wordt bevestigd aan de zware ballast.

Bovendien wordt een tweede sleeplijn (waarvan één tamp met een doorgesplitst stukje vlaggedoek gemerkt wordt) aan één zijde bevestigd aan het oog op het verticale

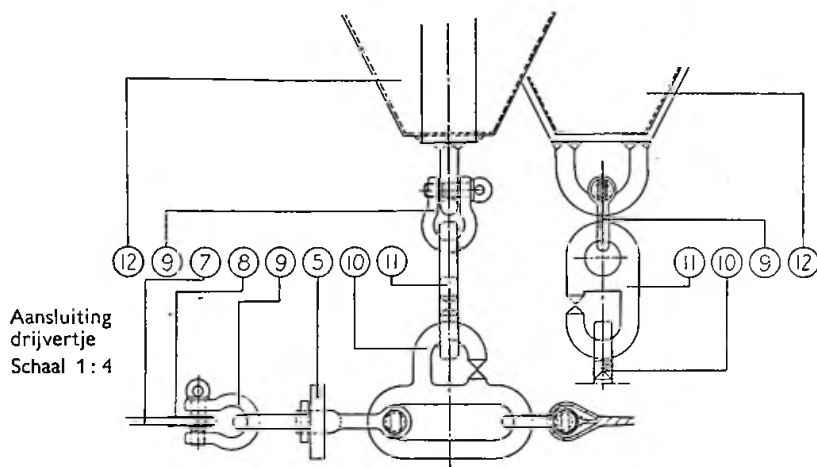


Fig. 10.7

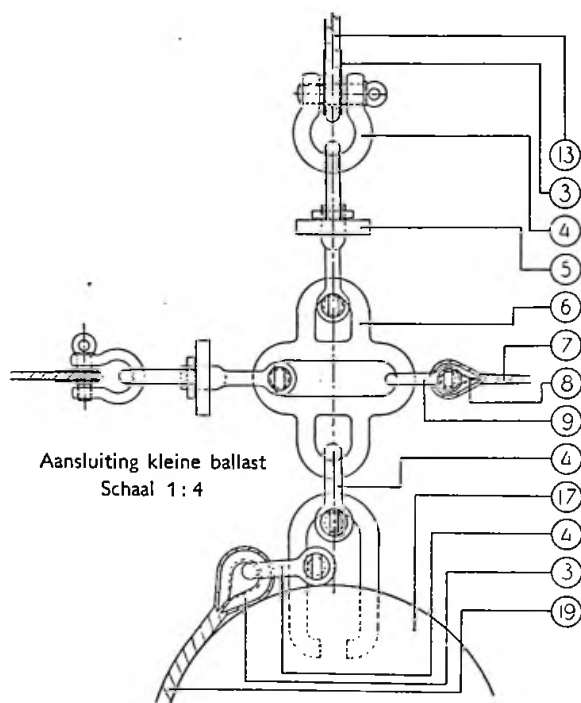


Fig. 10.8

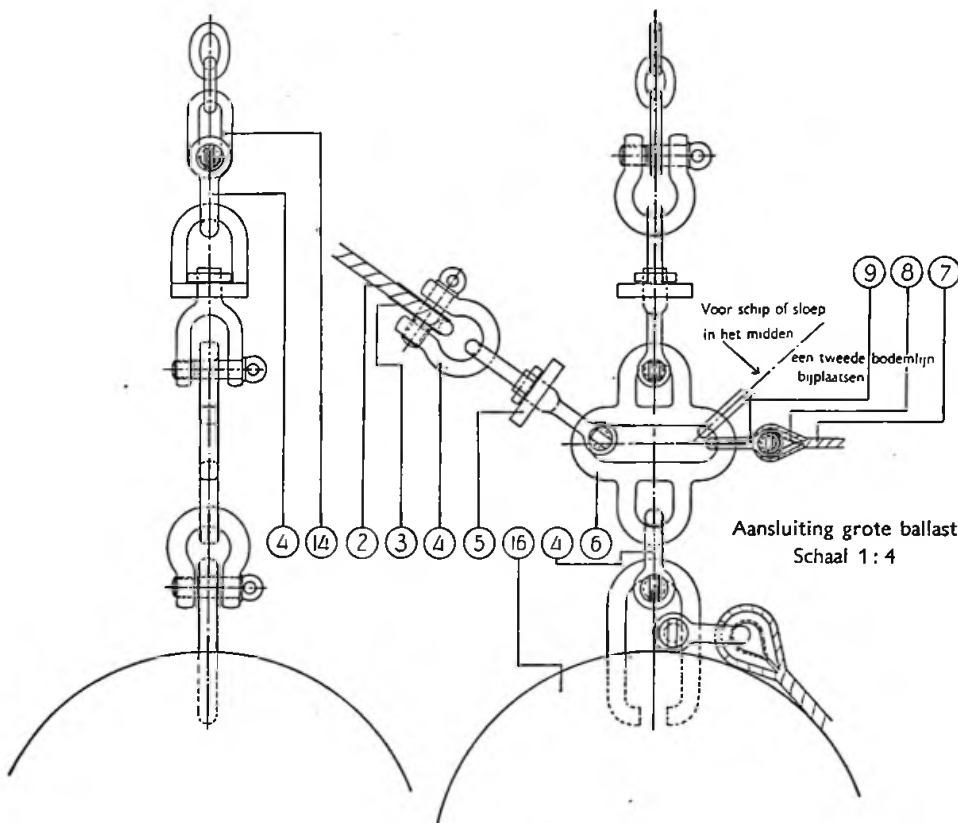


Fig. 10.9

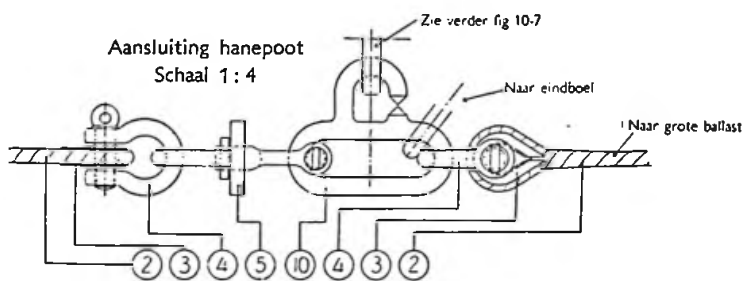


Fig. 10.10

# § 10.3.1

Aansluiting  
bijhouder  
Schaal 1 : 4

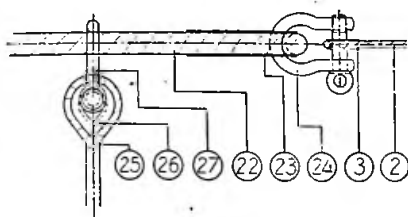


Fig. 10.11

Eindboei  
Schaal 1 : 20

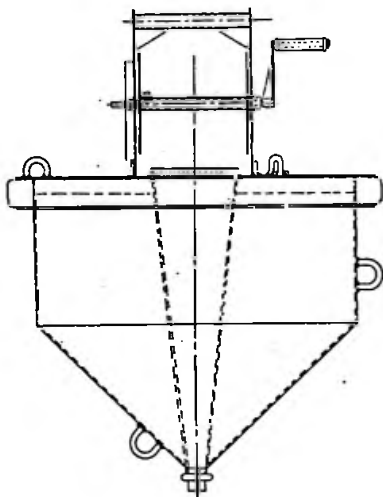


Fig. 10.12

Kleine boei  
Schaal 1 : 20

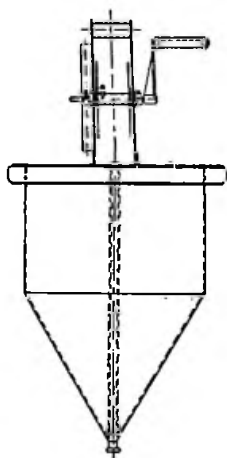


Fig. 10.13

Drijfvertje  
Schaal 1 : 20



Fig. 10.14

gedeelte van de eindboei en de gemerkte tamp op de aansluiting tussen het eerste en tweede stuk van de sleper, gerekend vanaf de grote ballast (fig. 10.6). Op deze wijze ontstaat dus een hanepoot.

Voor de details en de diverse aansluitingen zie fig. 10.6 t/m 10.14.

De ophouders der kleine boeien bestaan evenals de sleper uit lijn van 25 mm omtrek; de ophouders der eindboeien zijn van tuigketting vervaardigd om bij hard trekken te voorkomen, dat de grote ballast en daarmee de bodemlijn omhoog wordt getrokken. Om dezelfde reden is de grote ballast en daarmee de eindboei ook zwaarder uitgevoerd. In het overige gedeelte van de dreg wordt de trekkracht op de bodemlijn in horizontale richting overgebracht, zodat hier geen kans bestaat, dat de bodemlijn plaatselijk hoger zal gaan lopen.

De ballasten worden van een stropje voorzien, waaraan een dreggetje. Hierdoor wordt getracht te voorkomen, dat de dreg over weinig weerstand biedende gevaren zal gelicht worden. Alhoewel deze dreggetjes en de ballasten dieper liggen dan de bodemlijn, wordt hiermede geen rekening gehouden met het merken der ophouders. Hiervoor geldt als nulpunt steeds de aansluiting op de bodemlijn.

De drijfvertjes moeten zoveel drijfvermogen hebben, dat deze een bodemlijn van 30 m met de bijbehorende aansluitingen, wanneer hierop geen trekkracht wordt uitgeoefend, juist doen drijven, doch ook niet meer. Te veel positief drijfvermogen zou bij een geringe trekkracht de bodemlijnen tussen twee ballasten in een bocht naar boven doen staan.

Om de diepte van de uitstaande dreg te controleren, wordt bij het tuig nog een *testketting* met *teststaaf* verstrekt. De eerste bestaat uit een hondeketting van 25 m lengte, gemerkt in halve meters; de teststaaf is hieraan met een bindsel (geen harp om haken achter de bodemlijn te voorkomen) bevestigd. De staaf is een naadloze gegalvaniseerde pijp, 10 dm lang, aan de bovenzijde van een oog en aan de onderzijde van een bol voorzien. De verdeling van de testketting wordt gerekend vanaf het bolletje op de staaf. Het merken geschiedt, evenals bij de ophouders, volgens de verdeling op de loodlijnen.

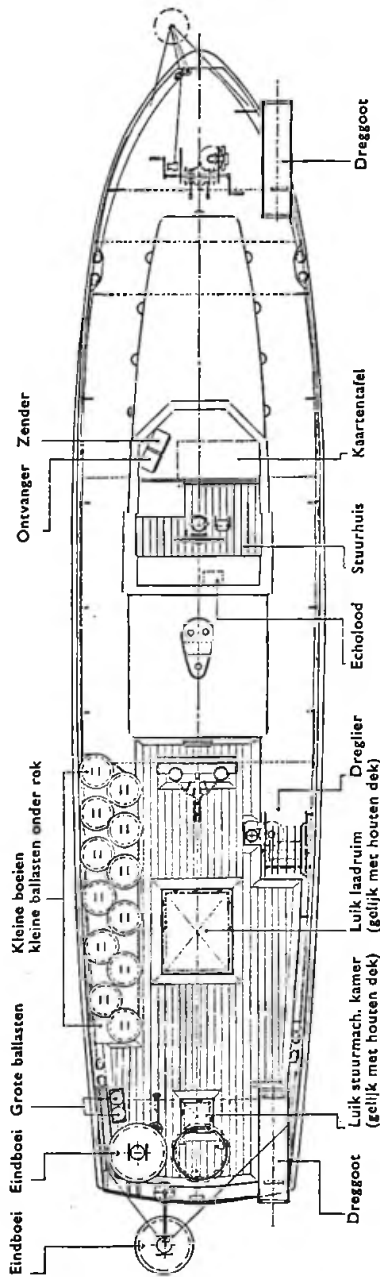


Fig. 10.15  
Opstelling dregtuig op dregboot  
Schaal 1 : 125

### § 10.3.1

Tenslotte behoren bij het tuig nog een paar rubber joontjes, die dienen om aan een losse tamp van de bodemlijn bevestigd te worden bij ontsluiten of breken. Door het grote drijfvermogen van het joontje is deze op verre afstand zichtbaar.

Het gehele tuig is geel geschilderd (standaardkleur M 15) om zo goed mogelijk op te vallen. Bovendien zijn alle boeien aan de bovenkant voorzien van een holle pijp, waarin een stok met vlaggetje kan worden gestoken voor meerdere kenbaarheid.

Aan boord worden de boeien in stoelen geplaatst. De kleine ballasten zijn van onderen hol uitgedraaid, waarmee deze in stalen, op het dek gelaste, pennen passen. De grote ballasten worden in rekjes geplaatst (fig. 10.15). De drijvers worden in open kisten bewaard; deze worden vóór het dreggen aan dek geplaatst. Eén spruit van de hanepoot, dus 30 m sleeplijn, wordt aan de eindboei bevestigd, alle overige stalen lijnen zijn op de trommel van de dreglier gewonden.

De trommel is door wangen in 4 delen verdeeld, de beide buitenste zijn de kleinste en bevatten elk  $4 \times 30 \text{ m} = 120 \text{ m}$  sleper. De 2 binnenste verdelingen bevatten samen  $52 \times 30 \text{ m} = 2 \times 780 \text{ m}$  bodemlijn.

De lengte van de complete bodemlijn is dus 1560 m per dregboot, overeenkomende met  $\frac{1560}{120} = 13$  secties (een sectie is de afstand tussen twee boeien, dus  $4 \times 30 = 120 \text{ m}$ ). Het tuig van één dregboot heeft in overeenstemming daarmee 12 kleine boeien en 2 eindboeien.

Wordt de gehele dreg van beide dregboten uitgezet, dan bedraagt de totale lengte der bodemlijnen 3120 m, verdeeld over 2 eindboeien aan de uiteinden, 1 middenboei in het midden (middenboei) en ter weerszijden hiervan 12 kleine boeien.

Aangezien aan elke eindboei (middenboei) een sleeplijn van 120 m is bevestigd, blijven dus per twee dregboten 120 m sleeplijn als reserve op de dreglier.

Elke dregboot is uitgerust met 12 kleine en 2 eindboeien, zodat ook 1 eindboei per 2 boten als reserve wordt gevoerd.

De middenboei wordt tijdens het dreggen door het opnemingsvaartuig of een motorsloep gesleept, waardoor de bocht in het tuig kleiner en de nuttige dregbreedte groter wordt.

Natuurlijk is het niet nodig het complete tuig te gebruiken. Neemt men de dregstrook smaller, dan zijn minder kleine boeien nodig.

Als de gebruikte lengte van de bodemlijnen minder wordt dan ongeveer 1800 m (15 secties), dan is het eenvoudiger de middenboei te laten vervallen en het tuig dus slechts door beide dregboten te doen slepen. Bij 1800 m worden dan 7 kleine boeien en 1 eindboei per boot gebruikt.

Is één der dregboten niet beschikbaar en wordt deze vervangen door het opnemingsvaartuig of een motorsloep, dan is de maximum beschikbare lengte van het tuig 13 secties  $= 13 \times 120 = 1560 \text{ m}$ .

### 10.3.2 Kleine dregtuig

Dit tuig, dat in Nederland wordt gebruikt voor het bepalen van de minste diepte boven wrakken, komt in principe geheel met het grote dregtuig overeen. De verschillen zijn:

het tuig wordt compleet op één vaartuig gevoerd en vanaf dit vaartuig uitgezet;

het bestaat uit 2 eindboeien, 3 kleine boeien, 4 secties =  $4 \times 120 \text{ m} = 480 \text{ m}$  bodemlijn (16 lijnen van 30 m) en  $2 \times 120 \text{ m}$  sleeplijn, waarbij de verbinding met beide eindboeien weer als hanepoot wordt uitgevoerd;

de eindboeien zijn kleiner en hun ophouders bestaan uit 25 mm staaldraad als bij de kleine boeien;

de lengte der ophouders en testketting is ongeveer 20 m;

de eindballasten zijn lichter en wegen 34 kg;

de trommel van de dreglier heeft drie afdelingen; beide buitenste zijn de kleinste en bevatten elk 120 m sleeplijn, de middelste bevat 480 m bodemlijn.

De grootste wrakken op de Nederlandse kust hebben een lengte van nog geen 200 m; de lengte van het tuig is zodanig gekozen, dat aan beide zijden voldoende speling overblijft voor misrekening van de getijstroom.

In zeer nauwe vaargeulen zal zelfs dit tuig niet in zijn geheel gebruikt kunnen worden, doch moet worden volstaan met 2 secties (2 eindboeien, 1 kleine boei) of 1 sectie (2 eindboeien), terwijl men dan ook zo nodig de sleeplijn kan inkorten tot 60 m aan beide zijden. De soepelheid van manoeuvreren met het tuig wordt dan geringer en de kans op breken, omdat geen of weinig bocht aanwezig is, groter. In de praktijk is dit bezwaar echter niet zo ernstig, omdat in deze geulen de stroomrichting met juistheid bekend is, de positie van het wrak eveneens en zeegang veelal afwezig is.

Bij dit tuig worden geen drijvertjes op de sleper gebruikt. Immers de omgevende bodemgesteldheid zal de laatste niet vasthouden, als deze op de grond komt te liggen. Bij weder aanzetten door de dregboten komt de sleper vanzelf los. In soortgelijke omstandigheden kunnen de drijvertjes ook bij het grote dregtuig worden weggelaten.

## 10.4 Dreggen met twee dregboten

### 10.4.1 Voorbereidingen

Vóór de dregwerkzaamheden een aanvang zullen nemen, zal, vooral voor druk bevaren zeegedeelten, de scheepvaart tijdig hiervan op de hoogte gesteld worden d. m. v. het B. a. Z. Voor bijzonderheden omtrent kenmerken voor dreggende vaartuigen en volgboot (zie par. 10.5.1) en uitwijken voor in gang zijnd dregwerk raadplege men de zeemansgids.

Dreggen met twee dregboten is de normale wijze van dreggen in de O. I. Archipel als de lengte van de gebruikte bodemlijnen niet meer dan ongeveer 1800 m bedraagt.

Aan de beide dregboten wordt een motorsloep („volgboot”) toegevoegd voor klaren van het tuig bij vastlopen en breken, het wijzigen van de diepte-instelling, het onderzoeken van gevonden gevaren en het testen (controleren van de diepte-instelling). De bemanning van de volgboot bestaat uit een roerganger en een tweede man (dit kan ook een motordrijver zijn). Bij voorkomende werkzaamheden wordt de bemanning aangevuld vanaf de dregboten en wel met een officier en enige matrozen.

De uitrusting van de volgboot bestaat uit:

|                        |                        |
|------------------------|------------------------|
| mast met antenne       | reserve-echoloodpapier |
| radio-telefonietoestel | sloepsblad             |
| echolood               | tekenmaterieel         |



|                                        |                                            |
|----------------------------------------|--------------------------------------------|
| horloge                                | 2 zwingels voor wijzigen diepte-instelling |
| zeekaart                               | 2 rubber joontjes                          |
| loodlijn met lood                      | 2 marlspijkers                             |
| slaggaard                              | reserve-harpen                             |
| kijker                                 | „ -musketonhaken                           |
| lodingboekje                           | „ -drijvers                                |
| boeitje met ballast en lijn            | „ -bodemplijnen                            |
| lijst van vastgestelde optische seinen | „ -wartels                                 |
| rode vlag                              | een eind manillatros van 5 cm              |
| witte vlag                             | schiemansgaren                             |
| blauwe vlag                            | visdreggetje met lijn.                     |
| 2 testkettingen met teststaven         |                                            |

Voor een dregtocht zijn drie officieren nodig; de leider scheept zich met de officier, die de minste ervaring heeft, in op één der boten, de tweede officier op de andere boot. De toegevoegde officier is belast met het werk in de volgboot en fungeert overigens als assistent van de leider. Zijn er slechts weinig geoefende officieren, dan kan met de andere dregboot nog een officier medegestuurd worden.

Overigens bestaat de bemanning per dregboot als hieronder aangegeven, waarbij tevens de functie van elk hunner is vermeld.

|                  | Uitzetten               | Dreggen     | Indraaien                |
|------------------|-------------------------|-------------|--------------------------|
| Opschrijver . .  | roerganger en telegraaf | opschrijven | roerganger en telegraaf  |
| Motorist . . .   | motorkamer              | motorkamer  | motorkamer               |
| Deks-onderoff. . | dreglier                | volgboot    | dreglier                 |
| 1e matroos . .   | dreggoot achter         | roerganger  | dreggoot voor            |
| 2e matroos . .   | drijvertjes, seinen     | uitkijk     | drijvertjes en ballasten |
| 3e matroos . .   | boeien, ballasten       | kok         | boeien                   |
| 4e matroos . .   |                         | volgboot    | draad op lier winden     |

(De benaming 1e t/m 4e matroos is hier alleen voor verdere referentie gebruikt zij heeft niets met rang of capaciteit te maken.)

Dit is het minimum aantal personen, waarmede gewerkt kan worden als het personeel goed geoefend is. Voor snel uitzetten en indraaien is het echter gewenst per boot nog 1 of 2 matrozen toe te voegen ter assistentie bij de boeien en ballasten. Dit is dus vooral van belang indien de dreg herhaaldelijk uitgezet moet worden (opvulwerk), als de motor van de dreglier defect is en bij het vinden van ondiepten.

Immers in dit laatste geval is een gedeelte van de bemanning op de volgboot nodig, terwijl misschien tevens ingedraaid moet worden. Is voldoende personeel beschikbaar, dan krijgt dus eerst de dregboot van de leider 1 man extra dan de tweede dregboot 1 man en eventueel eerste en tweede boot nog een tweede man. Als regel is de 1e matroos tevens vaste paai van één der dregboten. Als zodanig is hij belast met het dagelijks onderhoud van het dregtuig.

Een nadere omschrijving van de taakverdeling wordt in de volgende paragrafen gegeven.

De uitrusting voor de dregwerkzaamheden op een dregboot bestaat uit:

|                               |                                        |
|-------------------------------|----------------------------------------|
| antenne                       | hoekspiegel                            |
| radio-telefonietoestel        | 2 zwarte ballen                        |
| echolood                      | kegel                                  |
| reserve-echoloodpapier        | cilinder                               |
| dregblad                      | rode vlag                              |
| tekenmaterieel                | witte vlag                             |
| horloge                       | blauwe vlag                            |
| zeekaart                      | loodlijn met lood                      |
| dregboekje                    | slaggaard                              |
| kijker                        | boeitje met ballast en lijn            |
| 2 sextanten                   | lijst van vastgestelde optische seinen |
| voorspelde getijkromme        | schiemansgaren.                        |
| dregtuig cpl. (zie par. 10.7) |                                        |

Vóór vertrek van boord worden alle horloges gelijkgezet.

De kisten met drijvers, reserve-onderdelen, marlspijkers, schiemansgaren, 2 opgooilijnen, manillasleper en vangeind worden aan dek gereedgelegd, waarna het laadruim wordt gesloten.

De dreggoten worden opgetuigd.

De ophouders worden afgedraaid tot de genoemde diepte-instelling, welke stand met een pen wordt geborgd. De diepte-instelling wordt daarna door één der officieren of de deksonderofficier gecontroleerd. Men moet er om denken, dat het merk op de ophouder een zodanige plaats in de holle pijp van de boei heeft, dat deze bij te water liggen van de boei gelijk ligt met de waterlijn en dus niet met de bovenkant van de boei. De instellingen kunnen gemakkelijk tot op een decimeter nauwkeurig worden opgegeven en geschat.

Het afgevierde einde van de ophouders wordt onder de boeien opgeschoten. Is de diepte-instelling niet te groot, dan wordt de tamp nu reeds aan de bijbehorende ballasten bevestigd. Bij lange opgeschoten einden is de kans op onklaar lopen groter, zodat men dan eerst de ballasten aansluit, als de boeien uit de stoelen worden genomen. Bij de eindboeien is dit trouwens altijd de enig mogelijke werkwijze.

De spruit van de hanepoot wordt aan het oog op het verticale gedeelte van de eindboei bevestigd; het merk van de spruit moet zich aan het andere eind bevinden.

De radio-telefonieverbindingen worden beproefd.

Rekening houdende met stroom en wind moeten de af te dreggen stroken te voren geprojecteerd worden, daarbij de door beide eindboeien te volgen route aangevende.

In verband met de strookbreedte moet het aantal te schieten boeitjes bepaald worden. De bocht in de dreg is oorzaak dat de breedte van de strook ongeveer gelijk wordt aan de lengte van de totale bodemlijn, verminderd met 15 %.

Om hiaten te voorkomen is het echter nodig de lengte van de bodemlijn 25—30% groter te nemen dan de breedte van de geprojecteerde strook (gebruikt men dregbladen op grote schaal bij een kleine strookbreedte, dan kan met minder — b.v. 20% — worden volstaan; op zeer kleine schaal werkend met een lange dreg neme men desnoods 35%). Ervaring in het werk speelt hier een grote rol, waarbij men bovendien bedenke, dat een wat langere dreg weinig tijdverlies, doch „heilige dagen” in het werk later zeer veel tijdverlies geven bij het opvullen.

Om praktische redenen neme men de lengte steeds als een veelvoud van 120 m, omdat de aansluitingen tussen de bodemlijnen zo zijn, dat na 3 drijvers steeds weer een ballast met boei kan worden aangesloten. Alleen bij zeer smalle dregstroken, werkend in nauwe vaarwaters, moet hier wel eens van worden afgeweken en de aansluitingen van de bodemlijnen worden gewijzigd. Dit geschiedt tijdens het uitzetten, zodat dit dan langer zal duren.

Voor de wijze, waarop de bodemlijn op de dreglier moet zijn opgewonden, zie par. 10.4.5.

#### 10.4.2 Schieten van de dreg

Men houde met de plaats van schieten rekening met de stroom, opdat geen hiaten ontstaan, welke later weer opgevuld moeten worden. Over het algemeen zal de gehele dreg geschoten moeten zijn, voordat de geprojecteerde strook bereikt is.

In verband met de door beide dregboten af te leggen route beslist de leider van de tocht waar geschoten zal worden. Ter plaatse aangekomen, gaat hij de koers, waarin geschoten zal worden, voorliggen en laat 2 ballen hijsen. De tweede dregboot nadert dan in tegenkoers voor het overnemen en aanhaken van de bodemlijn, waarop de boten gelijktijdig de halve dreg schieten.

Bij het overnemen passeert de tweede dregboot de eerste steeds over SB (dus aan de zijde der dreggoten), waarbij de boot van de leider de tamp van de bodemlijn overgeeft (c.q. met keesje overgooit). Hierop wordt door de tweede boot haar eigen bodemlijn en een drijvertje aangehaakt.

Beide boten laten vervolgens elk totaal twee bodemlijnen aflopen met tussenvoeging van een drijvertje, waarna aan beide zijden de eerste kleine boei met ballast aangesloten wordt. De volgorde der aansluitingen op de bodemlijnen moet hiertoe tevoren gereedgemaakt zijn.

Als regel stomen hierbij beide boten met geringe vaart een koers loodrecht op de af te dreggen strook. De dreg wordt gestrekt geschoten, teneinde onklaar raken te voorkomen. Bij regelmatig schieten komen beide boten, welke begonnen zijn in het midden van de geprojecteerde strook, even over hun slag heen.

Tijdens het schieten, en vooral in het begin als de afstand tussen beide boten gering is, moet men erom denken niet aan de lijn te trekken, waardoor deze de andere boot uit handen getrokken zou worden en bovendien kans op breken ontstaat.

De vaart tijdens schieten is zodanig, dat slechts één motor langzaam vooruit behoeft te draaien. Hiervoor neemt men bij voorkeur de BB-motor (minder kans om lijnen in de schroef te krijgen), terwijl steeds tijdig gestopt en eventueel achteruit geslagen moet worden bij het aansluiten der ballasten met ophouders, eveneens bij onklaar lopen op de dreglier of voor nazetten van harpen e. d. Voornamelijk hangt de snelheid af van de geoefendheid van het personeel, zowel van elk afzonderlijk als gezamenlijk. Het verdient aanbeveling in een goed geoefende ploeg zo min mogelijk wijzigingen te brengen, tenzij voor opleiding van nieuw personeel.

Indien er geen bijzondere redenen zijn om hiervan af te wijken, houdt de volgbboot zich gedurende het gehele dregwerk op nabij de dregboot van de leider.

Hier zal nog een overzicht gegeven worden van de taak van elk lid der bemanning bij het uitzetten van de dreg.

*Leider.* Hij zoekt met assistentie van de toegevoegde officier de positie op, waar de dreg geschoten zal worden. Dit zal meestal plaats hebben door boog te stomen,

terwijl de ander de stopboog op zijn sextant instelt. Hij heeft tevoren reeds bepaald, welke slag elk der boten zal nemen en dit doorgegeven aan de andere dregboot, evenals globaal de positie vanwaar het schieten zal aanvangen. Loopt de stroom b.v. in SSW-richting, de dregstrook N—S en neemt de leider de E-lijke slag, dan is de koers van schieten voor de boot van de leider E, voor de tweede boot W, terwijl de aanvangspositie beN. de strook en iets beE. het midden zal liggen. De tijdsduur van uitzetten moet daartoe geschat worden; deze bedraagt voor een geoefende bemanning per sectie gemiddeld 3—4 minuten, waarbij nog de tijd komt van verbinding maken, sleeplijn uitzetten en het brengen van de dreg in een gestrekte boog.

Men realiseere zich, dat het terrein, dat buiten de dregstrook valt, doch waar het uitzetten plaats heeft, vrij moet zijn van ondiepten met een minste diepte, die gelijk of kleiner is dan de diepte-instelling. Soms is dit echter niet het geval, men moet dan een andere wijze van uitzetten toepassen. In den regel doet zich deze complicatie echter voor bij het werken in nauwe vaarwaters, waar een korte dreg wordt gebruikt; daarom zal de afwijkende werkwijze nader worden besproken in par. 10.9.2.

Hij zet de radio bij op luidsprekerontvangst.

Op de plaats van schieten aangekomen, laat de leider beide ballen hijsen, geeft de opschrijver (roerganger) de koers op en spreekt met hem de tekens af voor het manoeuvreren met de motoren. Hij stelt zich vervolgens op het achterdek op, zó, dat hij de lijn achteruit buitenboord kan zien lopen en tevens de roerganger ziet.

De volgende tekens kunnen worden gebruikt:

| Teken                                                         | Betekenis                                             |
|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| 1 vinger omhoog gestoken                                      | BB-motor zo langzaam mogelijk vooruit.                |
| 2 vingers omhoog gestoken                                     | beide motoren zo langzaam mogelijk vooruit.           |
| 1 vinger vooruit gestoken en om de pols in een cirkel draaien | meer omwentelingen (zowel voor vooruit als achteruit) |
| vlakke hand omhoog gestoken                                   | motor(en) stoppen.                                    |
| 1 vinger omhoog gestoken en naar achteren buigen              | BB-motor zo langzaam mogelijk achteruit.              |
| 2 vingers a.v.                                                | beide motoren zo langzaam mogelijk achteruit.         |
| arm horizontaal naar BB gestrekt                              | koers veranderen naar BB.                             |
| idem naar SB                                                  | koers veranderen naar SB.                             |
| arm op en neer naar voren strekken                            | recht zo.                                             |

De tekens voor koersverandering zijn bij het uitzetten eigenlijk alleen nodig, nadat de eindboei te water is gegaan, dan wordt de dregboot 4 streken naar de geprojecteerde dregkoers toegedraaid.

De leider regelt de vaart zodanig, dat de lijn vlot en gestrekt door de dreggoot op het achterschip buitenboord loopt. Voordat een ballast moet worden aangesloten, moet de vaart zeer gering zijn en bovendien mag nu de bodemlijn met enige loos te water komen. Zo nodig wordt bovendien achteruit geslagen. Een nauwlettend toezicht op de man, die de aansluitingen in de goot verricht, is daarbij nodig, zodat hij b.v. de motor direct vooruit doet slaan, zodra de aansluiting gereed is. Het achteruit slaan mag ten hoogste zo lang plaats hebben, tot de spanning van de bodemlijn af is; voorkomen moet worden dat er loos onder het schip komt.

Bij het te water komen van de boeien let hij op, dat deze verticaal gaan liggen (zou dit niet het geval zijn, dan ligt de ballast op de bodem — hetzij wegens een

ondiepte, hetzij dat de ophouder geheel uitgelopen is omdat de borgpen is losgeraakt).

Is de eindboei te water, dan laat hij 4 streken van koers veranderen naar de dregstrook toe en de rode vlag hijsen.

Als de eerste sleeplijn geheel buitenboord is, moet de vaart gering zijn of de boot gestopt om de hanepoot te kunnen bevestigen.

Voordat de laatste sleeplijn geheel afgelopen is, moet de boot gestopt liggen; de sleeplijn wordt met een paar slagen om de bolder vóór de achterste dreggoot genomen en de manilla sleper aangesloten.

Vervolgens komt men op dregkoers, neemt een voorlopige plaatsbepaling met snijding op de andere boot en bepaalt aan de hand hiervan de te sturen koers en vaart om zo nodig de tweede boot gelegenheid te geven dwars van de leider te komen. Men wachtte met aanzetten tot de tweede boot de rode vlag heeft gehesen, tenzij men zelf achter is.

Een eerste definitieve plaatsbepaling wordt door beide boten tegelijkertijd op radiosein genomen, waarbij tevens de eigen eindboei en de middelste boei gesneden worden. Dit geschiedt eerst, nadat de gehele dreg in een strakke boog staat en vaart door het water loopt, omdat anders de bodemlijn nog niet op de ingestelde diepte is gekomen.

*Officier op tweede dregboot.* Zijn functie is in hoofdzaak dezelfde als die van de leider. Hij behoeft echter geen plaatsbepaling te nemen vóór het schieten.

Zodra op de boot van de leider twee ballen worden gehesen, doet hij hetzelfde als contrasein en nadert zo spoedig mogelijk op tegenkoers (SB langs SB) om de tamp van de bodemlijn over te nemen.

Als zijn eindboei te water is, laat hij de rode vlag hijsen en regelt na gereedheid zijn vaart zodanig, dat hij t. o. v. de dregstrook dwars van de eerste boot komt.

*Toegevoegd officier.* Tijdens het uitzetten van de dreg controleert hij nu en dan de plaats en de richting van de tweede boot. Was de stroom te gering geschat, dan bestaat de kans, dat men in de dregstrook komt, vóór de dreg geheel is uitgezet. Om hiaten te voorkomen, kan nu het reeds uitgezette deel van de dreg voorzichtig stijf gestoomd worden, terwijl beide boten enige streken in de richting van de stroom opdraaien.

De orders hiervoor worden door de toegevoegd officier, na bespreking met de leider, per radio-telefonie aan de tweede boot doorgegeven.

Ook wordt in zulk geval, nadat de eindboei te water is, niet van koers veranderd tot de dreg geheel gestrekt staat en een eerste gelijktijdige plaatsbepaling is genomen. Aan de hand van het resultaat worden dan door de leider verdere orders gegeven.

Vanzelfsprekend kan de toegevoegde officier voor opleiding ook de taak van de leider overnemen.

*Opschrijver.* Hij lost af aan het roer, vóór met het uitzetten begonnen wordt, en houdt deze functie tot de eindboei te water is.

Hij stuurt de opgegeven koers en stelt zich daarbij zodanig op, dat hij steeds de leider ziet en diens orders voor de motorbediening kan opvolgen. Aangezien het uitzetten steeds zeer langzaam geschiedt, is deze dubbele functie niet bezwaarlijk.

Tenslotte waarschuwt hij van oproepen per radio.

*Deksonderofficier* (kwartiermeester of oudste matroos). Hij bedient de dreglier en staat hierbij met het gezicht naar het achterschip. De draad wordt van de onderzijde

der trommel afgewonden en naar de dreggoot achteruit geleid. Het uitdraaien geschiedt op de electromotor. Indien dit bij een defect hiervan met de hand moet geschieden, moet een tweede man de draad van de rol afwinden.

De snelheid van uitdraaien is maximaal, zolang geen drijvers of ballasten moeten worden aangesloten, met dien verstande dat de draad niet met loos erin buitenboord mag gaan, doch evenmin mag aan de bodemlijn getrokken worden.

Bij het naderen van een aansluiting voor een drijvertje wordt het uitdraaien even gestopt (enkele seconden), bij een aansluiting voor ballast eveneens. Zo nodig wordt geleidelijk de rem aangezet als de lijn buitenboord stijf gaat staan. Zodra de ballast is bevestigd en deze overboord gaat, moet de rem reeds los zijn.

Bij het aansluiten van de hanepoot en bij het naderen van het einde van de stalen sleper moet ook gestopt worden.

Zou bij het aanzetten van de rem te veel kracht op de bodemlijn komen, dan moet de lijn tijdelijk worden gevierd en later weer ingedraaid worden, nadat voldoende is achteruit geslagen.

Hij geeft vervolgens de orders voor het bevestigen van de manilla sleper en het vangeind.

Bij zijn werk moet hij voortdurend de man, die aan de achterdreggoot werkt, in het oog houden en tevens opletten of de lijn op de trommel niet onklaar gaat lopen, doordat een paar harpen b.v. achter elkaar vasthaken.

Zo nodig geeft hij orders voor het bijbrengen van drijvers, boeien en ballasten en andere werkzaamheden, die naar omstandigheden verdeeld moeten worden.

*1e matroos.* Voor de functie aan de dreggoten wordt de meest ervaren matroos aangewezen. Hij staat naast de achterdreggoot en sluit alle drijvers, ballasten met dreggetjes en ophouders aan. Alle harpen worden na het sluiten met een pen nagezet. Bij het passeren van de gehele lijn let hij op niet goed aangezette harpen en zet deze zo nodig met de marlspijker na. Hij waarschuwt naar de onderofficier aan de dreglier met „klaar”, als deze na het aansluiten van een ballast verder kan afvieren.

Blijkt een bodemlijn of splits te veel te zijn doorgesleten, dan moet hij hiervan waarschuwen en tot verwisseling overgaan. Achteruitslaan, indraaien en tijdelijk op de bolder beleggen van de laatste goede bodemlijn zal hierbij meestal nodig zijn.

Tenslotte belegt hij de tamp van de laatste sleeplijn op de bolder en gooit deze weer los na het aansluiten en beleggen van de manilla sleper.

De lijn wordt hierbij in de hand gehouden tot deze stijf komt te staan en verder vrij van de schroeven gehouden.

*2e matroos.* Deze hijst op order twee zwarte ballen en later de rode vlag.

Vóór de aanvang legt hij 1 drijvertje bij de achterdreggoot gereed (op tweede dregboot 2 drijvertjes) en verder telkens nadat een ballast is aangesloten, wederom 3 drijvertjes, zodat geen vergissingen in het aantal kunnen ontstaan.

Hij assisteert zo nodig de eerste matroos bij het aansluiten der onderdelen, belegt eventueel de lijn bij onvoorzien oponthoud, brengt nieuwe bodemlijnen bij, haalt de loos buitenboord naar binnen indien dit nodig is om onklaar komen van de schroef te voorkomen, en assisteert verder de 3e en 4e matroos met het hijsen en het buitenboord draaien van de eindboei.

Hij legt de manillasleeptros en het vangeind gereed, belegt de eerste op SB voorbolder (als de dreg over SB komt te staan, nadat men op slag is gekomen) c.q. BB voorbolder, neemt vervolgens de manillasleeptros buitenom door de achter-

dreggoot weer naar binnen (denk om de schroeven) om deze op de sleper te kunnen steken. Naarmate de loos wegloopt worden de manilla- en stalen sleper vrijgegooid, nadat de bijhouder om de manilla met een harp is bevestigd. Het vangeind wordt op SB achterbolder belegd (als de dreg over SB komt te staan) c.q. BB achterbolder, en bijgevierd of doorgehaald, zodanig dat de schroeven vrijblijven en het schip gemakkelijk op koers kan blijven c.q. koers kan veranderen.

Bij alle werkzaamheden met manillatros en vangeind assisteren de 3e en 4e matroos.

*3e en 4e matroos.* Deze sluiten de ballasten met dreggetjes aan de ophouders en zetten de harp met een pen na.

Daarop leggen zij telkens één klein boeitje achteruit naast de dreggoot en de ballast met dreggetje iets voorlijker, daarbij zorgende, dat de ophouder klaar is en vrij uit kan lopen.

Nadat het laatste drijvertje van een sectie is gepasseerd, wordt de ballast met dreggetje in de goot gelegd. Na door de 1e matroos aangesloten te zijn, wordt deze door de 3e matroos naar de achterrand van de goot gebracht en buitenboord gezet. De 4e matroos let op het vrij uitlopen van de ophouder, houdt het boeitje gereed en werpt dit buitenboord als de ophouder stijf komt.

Daarna wordt het volgende boeitje met ballast bijgebracht tot de eindboei aan de beurt is.

Worden niet alle kleine boeitjes gebruikt, dan verdient het aanbeveling de overige boeitjes gesjord te laten staan, niet alleen om vergissingen in het te gebruiken aantal te voorkomen, doch ook kunnen hierdoor geen boeitjes worden uitgezet, die niet op de vastgestelde diepte zijn gesteld.

Bij gebruik van slechts één eindboei — zoals hier het geval is — doet men eveneens verstandig de in de midscheeps staande eindboei met stoel tevoren uit te nemen en in het ruim te plaatsen. Hierdoor heeft men meer ruimte op het dek achteruit beschikbaar.

Bij een kalme zee wordt de eindboei reeds voor het schieten van de dreg uit de stoel gehesen (waarbij een snijstrop wordt gebruikt), buitenboord gedraaid en vervolgens tegen de davit gesjord. De davit wordt met een pen en geien vastgezet. Bij zeegang doen de 3e en 4e matroos (met assistentie van de 2e matroos) dit, zodra het laatste kleine boeitje buitenboord is gezet. De grote ballast met dreggetje wordt bij de dreggoot gezet en aangesloten op de tuigkettingophouder. Zodra de grote ballast te water is en de ophouder stijf gaat komen, wordt de snijstrop gesneden, waarbij de spruit van de hanepoot met de hand wordt bijgevierd. De tamp ervan wordt aan de 1e matroos overgegeven voor de aansluiting op de sleper.

Tenslotte wordt de 2e matroos geassisteerd met manillatros en bijhouder.

### 10.4.3 Dreggen

Tijdens het dreggen tracht elke boot haar eindboei de geprojecteerde route te doen volgen. De verbindingslijn der twee eindboeien via de middenboei wordt als begingrens van de dregstrook geconstrueerd.

Bij het slepen met weinig stroom zullen de boten 2 à 3 streken moeten uitsturen; bij veel stroom kan zulks aanzienlijk meer zijn voor de bovenstroomse boot. Ervaring is nodig voor de gunstigste koers en vaart. Te grote vaart doet de eindboei balken of onder water trekken, veroorzaakt abnormale lift en kan zelfs de bodemlijn doen

breken, zodat onverwijd vaart minderen noodzakelijk is. Een vaart van  $1\frac{1}{2}$  mijl per uur door het water kan ongeveer als maximum aangenomen worden onder normale omstandigheden.

De plaatsbepaling is als tijdens lodingtochten. Elke dregboot houdt haar eigen plaats bij, daarbij tevens haar eindboei, de middenboei en zo nodig de andere dregboot snijdende. Geschiedt de plaatsbepaling op b.v. van de zeekaart afgenomen punten, dan verdient het aanbeveling op beide boten dezelfde snellius te meten, aangezien onnauwkeurigheden dan beide plaatsbepalingen gelijkelijk beïnvloeden, waardoor de onderlinge afstand juist blijft en de dreg niet te stijf komt of te veel bocht krijgt.

Bij een korte dreg is het ook mogelijk, dat alleen de leidende dregboot plaats bepaalt en de tweede dregboot haar positie t. o. v. de eerste bepaalt op tuighoogte en peiling. Volgens het tuighoogtelijstje is de juiste tuighoogte, behorend bij een bepaalde dreglengte, bekend. Vanzelfsprekend wordt door de leidende dregboot bij iedere plaatsbepaling de tweede dregboot meegesneden t. b. v. het constructieblad.

Is de positie van de eigen boot t. o. v. de ander niet abnormaal, dan kan volstaan worden met een kompaspeiling over de hand, zo nu en dan gecontroleerd door een snijding. De peiling moet loodrecht op de richting van de geprojecteerde dregstrook staan. Bij afwijkingen regelt de tweede boot haar vaart naar de positie van de leider en neemt snijdingen op deze, tot haar positie weer goed is. Is snelheid meerderen of minderen om enige reden niet mogelijk, dan waarschuwt hij de leider.

De plaats van de eindboei is het einde der dreg, welke boei zich op  $\pm 120$  m van de dregboot bevindt. Vanuit de plaats van de dregboot worden richting en afstand van de eindboei afgezet voor constructie van de dregstrook.

Het snijden van de andere dregboot is voor contrôle van de onderlinge stand t. o. v. de af te dreggen strook. Het voordeligste trekt men dwars van elkaar. De dreg staat uit in een bocht, doch men moet zorgen er geen „zak" in te krijgen.

Voor communicatie zijn enkele seinen afgesproken (zie par. 10.5), terwijl tevens beide dregboten en de volgboot voorzien zijn van een radio-telefonietoestel.

Een uitkijk op de tent (met kijker) waarschuwt met de scheepsklok van seinen op één der boten en van het balken van boeitjes, die voor duidelijkheid nog voorzien zijn van een klein vlaggetje. Pikt namelijk de dreg, dan kan dit tot gevolg hebben, dat er loos komt in de ophouder, waarop het boeitje kantelt, d.w.z. de onderkant van het boeitje komt gedeeltelijk boven water. Staat er echter een flinke stroom, dan zullen door het vastzitten van de bodemlijn de naburige ophouders gestrekt naar voren, althans in de richting van de stroom gaan staan, waardoor één of meer boeitjes ook schuin naar voren gaan liggen en daarbij geheel of gedeeltelijk onder water worden getrokken.

Zoals reeds vermeld, veroorzaakt het slepen een bepaalde lift in de bodemlijn, welke afhankelijk is van omstandigheden en zelden meer bedraagt dan 50 cm. Aangezien de diepte, waarop afgedregd is, hiervan afhankelijk is, wordt door de volgboot getest. De boot gaat voor de dreg liggen ongeveer midden tussen twee boeitjes, men laat de testketting neer tot iets meer dan de afgestelde diepte en wacht tot de bodemlijn tegen de ketting komt. Dan wordt de testketting omhoog getrokken en afgelezen op het ogenblik dat het bolletje vrijkomt van de bodemlijn. Hierbij wordt tevens de tijd genoteerd. Daarna verstoomt de volgboot naar de volgende sectie en op deze wijze wordt de gehele dreg getest. Een en ander vindt plaats zodra getrokken wordt en de dreg de normale vorm heeft aangenomen. Aangezien verschillende factoren van invloed zijn op de lift, b.v. de hoek tussen



stroomrichting en koers, de kracht van de stroom enz., moet het testen meerdere malen plaats vinden. Testen vindt ook immer plaats, nadat de dreg, na gepikt te hebben, is losgetrokken. Mogelijk is een drijver losgeraakt, waardoor de bodemlijn ter plaatse zou doorzakken.

Ook moet getest worden, als de diepte-instelling gewijzigd wordt.

Elke dregboot bepaalt zelfstandig zijn koers om de eindboei buiten of hoogstens op de rand van de geprojecteerde dregstrook te houden. In normale gevallen behoeft hierover geen ruggespraak te worden gehouden. Dit is eigenlijk vanzelfsprekend omdat de koersen van beide boten meestal 4 tot 6 streken uit elkaar lopen.

Wordt het tuig echter abnormaal weggezekt, zodat de bovenstroomse boot geen hiaat zou kunnen voorkomen, dan moet de ander gewaarschuwd worden. Het beste is dan meestal eerstgenoemde tijdelijk loodrecht op de slag te doen trekken, terwijl de andere boot in dezelfde koers meestoomt en daarbij zorgt zodanig achter de dreg te sturen, dat niet aan het tuig getrokken wordt, doch evenmin een „zak” erin ontstaat. Zelfs kan het nodig zijn een dreigend hiaat te voorkomen door de gehele dreg in bovenstroomse richting terug te trekken.

In dit geval moet de dreg over de andere boeg genomen worden. Dit geschiedt als volgt (fig. 10.16):

Stel men heeft de dreg over SB uitstaan. De manillasleeptros is op SB voorbolder, de bijhouder op SB achterbolder belegd. Men legt het roer SB aan boord, maakt de bijhouder van de bolder los en loopt er mede naar voren, waarbij de harp over de manillasleeptros naar voren schuift. Men manoeuvreert nu zodanig met de motoren, dat de manillasleeptros eerst recht vooruit en vervolgens over BB komt te staan. Deze wordt op een gunstig ogenblik van SB bolder losgenomen en op BB voorbolder belegd. Het is gemakkelijk daartoe bij het beleggen steeds de nodige loos achter de hand te hebben. Voorkomen moet worden, dat in de sleeptros loos komt, zodat deze op de bodem zou kunnen gaan liggen of onklaar loopt. Daarom moet, als de sleeplijn naar voren gaat wijzen, flink achteruit worden geslagen, daarbij het rondzwaaien over SB voortzettend. Bij dit alles wordt de ophouder in de hand over SB mede naar voren genomen en daarna over BB weer naar achteren. Komt de sleeplijn over BB boeg te staan, dan wordt met beide motoren vooruit geslagen en men draait daarbij enige streken verder dan de voorgenomen koers om geen bocht in de sleper te verkrijgen. Ziet men aan de afstand tot de eindboei en de richting van de sleper, dat de dreg goed staat, dan komt men op koers en belegt de bijhouder op BB achterbolder. Zolang er nog loos is in de bodemlijn, kan tijdelijk meer vaart dan gewoonlijk worden gelopen.

Bij deze manoeuvre (fig. 10.16) en ook bij het indraaien (dat over de voorste dreggoot geschiedt) wordt dus steeds naar de dreg toegedraaid.

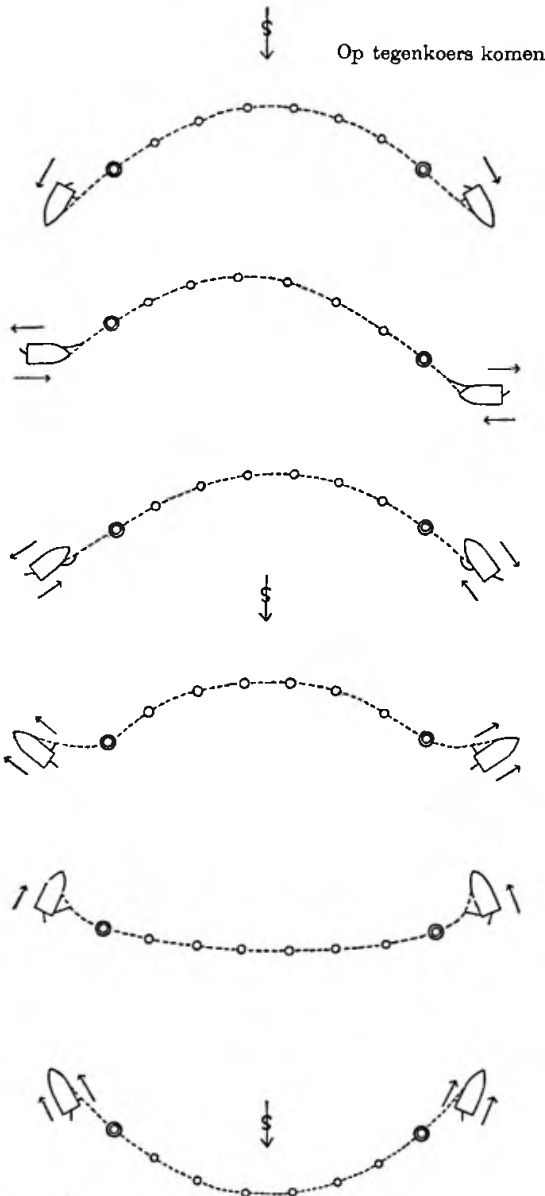
De volgboot waarschuwt eventuele scheepvaart om vrij te blijven van het tuig (naderen van schip en zwaaien met rode vlag).

Hier volgt nog een overzicht van de taak voor elk der leden van de bemanning tijdens het dreggen:

#### *Leider*

Algemene leiding, plaatsbepaling, orders geven voor wijzigen diepte-instelling, vaart en koersregeling, vaststellen tijd en nemen van gelijktijdige eindsnellus bij gereedheid.

Op tegenkoers komen



- (1) Bocht staat normaal. Boten draaien met behulp van roer en buitenschroef naar elkaar toe (*niet* achteruit slaan om geen loos in sleper te krijgen).
- (2) Boten zijn iets dichterbij elkaar gekomen. Binnenschroef slaat nu achteruit om loos in sleper te voorkomen. Manillasleper wordt naar het andere boord gebracht.
- (3) Dregboten draaien ongeveer op de plaats rond. Manillasleper wordt aan het ander boord belegd en bijhouder naar achteren gebracht.
- (4) De bocht wordt uit de dreg getrokken door naar buiten te sturen en tijdelijk iets meer vaart dan normaal te lopen.
- (5) De bocht komt nu aan de benedenstroomse kant. Om de gestrekte bocht de normale vorm te hergeven, sturen beide boten naar elkaar toe.
- (6) Bocht staat normaal. Dregboten slepen met normale vaart (met 1 of 2 schroeven).

Fig. 10.16

Verder geeft hij orders voor testen, ankeren, onderzoek naar gevonden gevaren en eventueel indraaien van een gedeelte van de dreg bij onklaar raken.

Hij of de toegevoegde officier bedient de radio-telefonie.

Hij houdt contrôle over de goede ligging van de dreg, speciaal wat de dichtst-bijzijnde helft betreft.

#### *Officier op tweede dregboot*

In hoofdzaak is zijn taak dezelfde als die van de leider, echter alleen voor zover dit zijn helft van het tuig betreft. Wijzigingen en orders, die het gehele tuig betreffen, worden door hem echter niet gegeven.

Alle bijzonderheden geeft hij per radio door aan de leider.

#### *Toegevoegd officier*

Hij assisteert de leider en gaat mede met de volsloep voor onderzoek ondiepten, klaren van de dreg en verder bij alle werkzaamheden, waarbij plaatsbepalingen moeten worden verricht. Hij neemt *altijd* zijn sextant mede.

#### *Opschrijver*

Schrijft alle plaatsbepalingen en opgegeven bijzonderheden op.

#### *Motorist*

Bedient de motoren. Wordt verwacht, dat gedurende enige tijd niet gemanoeuvreed behoeft te worden, dan kan men hiervan waarschuwen door de telegrafien een ogenblik op „klaar” te zetten en vervolgens weer op de laatst gegeven order. De omwentelingenregeling geschiedt nu vanaf de brug. Verwacht men, dat de aanwezigheid van de motorist weer is vereist, dan zet men de telegrafien een ogenblik op „attentie”.

De motorist moet gewaarschuwd worden om de dreglier bij of af te zetten.

#### *Deksonderofficier*

Hij is verantwoordelijk voor het testen op de volgboot, tenzij de toegevoegde officier hiermede is belast. Verder heeft hij de leiding bij alle werkzaamheden, die in de volgboot aan het dregtuig worden verricht. Bij routinewerk, zoals het ontsluiten bij het indraaien, behoeft hij niet aanwezig te zijn.

Aan boord van de dregboot verdeelt hij het werk der matrozen over de dienst als uitkijk, roerganger, kok en volgboot. Steeds moet iemand bij de hand zijn om het vangeind door te halen of te vieren.

#### *Roerganger*

Deze stuurt de opgegeven koers en waarschuwt direct als hij deze niet kan houden. Immers, dit is soms een teken, dat de dreg is vastgelopen of dat de bijhouder gevierd of doorgehaald moet worden.

Hij bedient *niet* de telegrafien of gashandels.

#### *Uitkijk*

Hij bevindt zich met een kijker op de zonnetent. Voortdurend houdt hij de stand van de dreg in de gaten, of deze niet in een hoek gaat staan (dreg vastgelopen), of geen boeitjes — speciaal op zijn helft — kantelen of onder water verdwijnen en of geen drijvertjes bovenkomen (dreg gebroken).

Hij zorgt, dat de voorgeschreven seinen (2 ballen en rode vlag) klaar waaien, waarschuwt voor seinen op de andere dregboot, volgboot en eventueel van het opnemingsvaartuig en hijst seinen op order van de officieren. Van alle bijzonderheden waarschuwt hij onmiddellijk door een slag op de scheepsklok te geven en daarna mondeling te rapporteren.

#### 10.4.4 Pikken van de dreg

Voorstrooms dreggende is de wijze, waarop het pikken van de bodemlijn bemerkt wordt, afhankelijk van de aard der ondiepte. Grondsoort en terreinhelling spelen hierbij een belangrijke rol. Pikt b.v. een bodemlijn achter een steile piek van steengrond, dan zal de voortgang der dregboten belemmerd worden, zodat zij naar elkander toezwaaien, de roerganger kan geen koers houden, terwijl de dreg in een punt komt te staan, die de plaats van de ondiepte aangeeft. Mogelijk zullen de boeien onder water getrokken worden, terwijl er ook kans bestaat op het breken van de bodemlijn. Zachtere grondsoorten, zoals zand en modder, zullen de voortgang niet belemmeren, doch wel vertragen, vooral als men te doen heeft met een rug, die min of meer glooiend oploopt. Dergelijke terreinen vereisen een kalme zee, teneinde het kantelen der boeitjes (als gevolg van het oplopen van de ballast, dus loos komen in de ophouder) op te merken, terwijl een zeer scherpe uitkijk noodzakelijk is. Eventueel zullen meer boeitjes gebruikt worden, terwijl een kortere dreg, teneinde het geheel goed te kunnen overzien, aanbeveling verdient. Elke aanwijzing van vermeend tijdelijk vastlopen moet echter zo nauwkeurig mogelijk genoteerd en later eventueel met een korte dreg herzien worden.

Heeft men bemerkt, dat de dreg gepikt heeft, dan waarschuwt men de andere dregboot. Beide dregboten stoppen, blijven zoveel mogelijk op hun plaats en nemen een eindsnellus, snijden hun eindboei benevens de boei bij de ondiepte en noteren het nummer hiervan. De volgboot gaat naar de ondiepte, werpt een markeerboei, neemt een plaatsbepaling (meerdere hoeken) en zoekt zo goed mogelijk het minste water. Naar aanleiding van de binnenkomende berichten betreffende de aard der ondiepte, zal de leider beslissen welke handelwijze gevolgd zal worden. In ieder geval moet, rekening houdende met het minst gevonden water, de ondiepte later wederom afgedregd worden. Heeft men met een kleine bodemverheffing te maken, dan kan veelal de volgboot de dreg ter plaatse over het gevaar heen lichten en kan daarna doorgedregd worden. Een visdreggetje, voor het ter plaatse ophalen van de bodemlijn, kan hierbij vaak goede diensten bewijzen. Indien men voorstrooms dregt, dan zal inmiddels langzaam in tegengestelde koers getrokken moeten worden, teneinde de dreg op te houden, waartoe de sleper over de andere boeg genomen moet worden. Voor klaren van de bodemlijn zal zo nodig door meegeven loos gegeven moeten worden. Handige en geoefende officieren en bedieningspersoneel zijn hiervoor nodig, daar anders breken van de bodemlijn het gevolg kan zijn.

Loopt de gehele dreg min of meer vast, dan is indraaien na voorzichtig teruggetrokken te hebben, nog niet noodzakelijk. De volgboot kan bij alle boeitjes de bodemlijn gedeeltelijk opdraaien, terwijl de dregboten afhankelijk van de stroom gestopt liggen, ophouden of eventueel, zo de diepte zulks toelaat, ten anker gaan.

Tenslotte kan de gehele dreg of het vastgelopen gedeelte ervan ingedraaid worden en opnieuw geschoten worden. In het laatste geval ankert zo mogelijk de andere boot. Is de dreg vastgelopen en niet te lichten door de volgboot, dan kan de laatste de

tamp van het dregtuig van de dregboot overnemen en deze trachten het tuig te lichten, vrij te trekken of vanaf de gebroken tamp in te draaien.

Een korte dreg, zoals bij het afdreggen van wrakken in gebruik, is weinig elastisch en zal bijna altijd breken. In de praktijk is gebleken, dat op steen- of rif-achtige bodemformaties een langere dreg (b.v. 10 secties) ook vrijwel altijd breekt.

In elk geval zorgt men steeds de nodige gegevens te hebben voor de constructie van de dregstrook, benevens de juiste diepte waarop afgedregd is.

Bij het breken van de bodemlijn moet, tenzij zulks dadelijk ontdekt is en hersteld kan worden, immer geheel ingedraaid worden en opnieuw geschoten, tenzij het breken vlak bij een der einden plaats heeft, in welk geval slechts dit gedeelte ingedraaid behoeft te worden. De volgboot houdt dan zolang de losse tamp en de tweede dregboot het andere einde op zijn plaats. Een eventueel ontstaan hiaat zal nagedregd moeten worden.

Opgemerkt zij, dat het breken niet altijd het bewijs is voor een ondiepte. Het losraken van een der verbindingen, slijtage, te hard trekken, waardoor een slechte plek zich begeeft, kunnen onder meer hiervan oorzaak zijn. Bij opnieuw schieten zorgt men voor een ruime overlap en tijdig testen.

Loopt de dregstrook langs een ondieper gedeelte, dan doet men goed met van tijd tot tijd te laten loden, eventueel door de volgboot, teneinde onnodig vastlopen te voorkomen.

Tenslotte zij opgemerkt, dat men voor zekerheid de diepteafstelling van twee opvolgende ophouders geen groter verschil geeft dan  $2\frac{1}{2}\%$  van de lengte der sectie. Bovendien wordt ontraden de afstelling der ophouders zodanig te maken, dat men één of meer diepere secties heeft tussen twee secties die oplopen naar kleiner diepteafstelling.

#### 10.4.5 Indraaien van de dreg

Nadat beide boten op sein (rode vlag neer) gelijktijdig de laatste plaatsbepaling genomen hebben, daarbij het middelste boeitje snijdende om de stand van de dreg te kunnen tekenen, wordt aangevangen met indraaien.

Daartoe wordt het vangeind losgenomen en draait men de dregboot rond tot de eindboei op de boeg komt. De sleeplijn wordt rond de voorsteven genomen en door de voorste dreggoot naar de dreglier geleid.

Intussen gaat de volgboot naar het midden van de dreg, haalt met een vis-dreggetje de bodemlijn op, ontsluit deze en plaatst op beide einden een joontje.

Zodra de sleeplijn aan boord op de trommel bevestigd is, wordt deze ingedraaid. De vaart van de boot wordt zodanig geregeld, dat de lijn niet achteruit komt te wijzen.

Bij het indraaien wordt koers gezet van boei op boei, teneinde de bodemlijn te volgen.

De bodemlijn wordt met een vette lap, welke tevens dienst doet voor afdrogen, op de rol geleid. De rol wordt geheel met consistentvet bestreken, indien de dreg niet weer direct gebruikt wordt. Nadat alles binnenboord is, wordt weer klaargemaakt voor schieten.

Voor de wijze van opwinden geldt nog het volgende. Begonnen wordt de sleper op SB buitentrommel te winden. Daartoe is een haak op de trommel aangebracht, waarachter het oog van de sleper kan worden gepikt.

De sleper wordt aan de bovenzijde op de trommel geleid, welke naar achteren draait tijdens het opwinden.

Is de 120 m sleeplijn op de trommel gewonden, dan worden de bodemlijnen over de middelste afdelingen gelijkelijk verdeeld. Men moet zorgen, dat de aansluiting tussen sleper en bodemlijnen over de wang tussen beide afdelingen valt, zodat deze altijd kan worden losgenomen. Evenzo moet over de middelste wang de aansluiting vallen, die midden tussen twee boeitjes, dus op het middelste drijvertje ertussen, valt.

Men kan nu altijd bij opnieuw schieten zowel de complete dreg, als een gedeelte ervan gebruiken. In het laatste geval maakt men de aansluiting op de middelste wang los, bindt de tamp, die niet gebruikt wordt, met schiemansgaren vast en begint af te winden. Heeft men bij het uitzetten het tevoren vastgestelde aantal bodemlijnen afgewonden, dan wordt deze losgemaakt van de rol en de andere tamp met schiemansgaren vastgezet. Vervolgens neemt men de aansluiting sleper—bodemlijn los en zet de sleper op de afgewonden bodemlijn. Met geoefend personeel geschiedt dit extra werk in 1 à 2 minuten.

De taakverdeling bij het indraaien is als volgt:

#### *Leider en officier op tweede boot*

De leider waarschuwt tijdig van beëindiging van het werk. Zodra de voorgenomen geprojecteerde strook geheel gepasseerd is (dus niet alleen met de eindboeien, doch ook met de bocht in het tuig), geeft hij order de rode vlag neer te nemen. Op beide boten wordt tegelijkertijd de eindsnellus genomen, de eigen eindboei en het middelste boeitje gesneden.

Vervolgens laat hij de boot naar de dreg toedraaien. Hij stelt zich op de bak op, zodat hij het boven water komen van de lijn kan waarnemen.

Voor zover nodig geeft hij de roerganger de nodige aanwijzingen, waarbij hij speciaal let op de boeitjes, die op het achterschip binnenboord genomen worden (schroeven stoppen).

Normaal is het voldoende met 1 motor vooruit te slaan, bij voorkeur de SB motor. Tijdens het indraaien moet de lijn naar voren wijzen, doch zó, dat er geen kracht op komt. Zodra het ontsluiten stagneert, wordt gestopt en zo nodig achteruit geslagen. Soms moet meer vaart gelopen worden, nl. wanneer de dreg tijdens het indraaien in vuil water komt en min of meer vastloopt, want dan moet tevens de stroom doodgestoomd worden. De boeitjes zullen dan kantelen. Men houde ook rekening met de veiligheid van de dregboot, zodat deze niet tijdens het indraaien op een rif loopt. Zo nodig wordt geankerd, waarna het tuig verder over het achterschip wordt ingedraaid. Zit hierbij de dreg tevens vast, dan moet deze door de volgboot rond en vrij gevaren worden tot verder kan worden ingedraaid, of de volgboot moet hoger op stomen, de dreg achter zich slepend en daar ankeren. Eventueel laat men de dreg plaatselijk ontsluiten.

Indien de dreg bij doorstaande stroom op meerdere plaatsen gebroken is, moet men ter voorkoming van verlies alle boeien goed in het oog houden. Het kan voorkomen, dat men één of meerdere boeien uit het oog verliest, welke evenwel bij afnemen van de stroom weer boven water komen.

Nadat alles binnenboord is, laat hij de 2 zwarte ballen neerhalen. Na gereedheid van het dregwerk voor die dag worden de dreggoten weggenomen om averij te voorkomen.

#### *Toegevoegd officier*

Neemt zo nodig de leiding op de volgboot bij het vastlopen van het tuig.

### *Opschrijver*

Deze lost af aan het roer na de eindsnellus opgeschreven te hebben. Hij regelt de vaart op aanwijzing en stuurt, indien hieromtrent geen nadere wenken worden gegeven van boei op boei. Daarbij moet hij zorgen op het laatste ogenblik de boeien even over BB boeg te krijgen.

Soms staat de lijn tussen twee boeien in een bocht; dit kan de leider wel (de drijvertjes zijn immers boven water), doch de roerganger veelal niet zien. In dit geval, en als het boeitje vlak voor de steven is, moet de leider (officier) nadere aanwijzingen aan de roerganger geven.

### *Deksonderofficier*

Hij bedient de dreglier en staat daarbij met het gezicht naar voren. Hij zorgt, dat de draad droog wordt opgewonden als hiervoor is beschreven en dat zulks strak (zonder loos) en regelmatig verdeeld over elke afdeling geschiedt. Bij het indraaien let hij op verzwakte plekken (uitgebogen harpen, gesprongen draden van bodemlijn) en laat deze verwisselen. Hij heeft het toezicht op de werkzaamheden achteruit (boeien binnenboord nemen) en let in het bijzonder op, dat geen ophouders onklaar kunnen komen van de schroeven.

Hij stopt de dreglier op sein van de 1e matroos en ook zonder sein, als hij ziet dat zulks i. v. m. het ontsluiten der diverse onderdelen nodig is.

### *1e matroos*

Hij staat naast de voorste dreggoot en ontsluit alle ophouders, ballasten en drijvers en de spruit van de hanepoot. Bij het binnenkomen van de sleper (na de 3e lijn van 30 m) komen 2 lijnen boven: één is de eigenlijke sleeplijn (naar de ballast), de andere is de spruit naar de eindboei. Aangezien de laatste met een lapje vlaggedoek gemerkt is, kan hij deze nu gemakkelijk herkennen en losnemen.

De afgehaakte drijvertjes en ballasten legt hij achter zich.

Zodra een ballast bij de onderrand van de dreggoot komt, geeft hij door een handbeweging de man aan de dreglier het teken om te stoppen. Hij licht met de hand de ballast in de goot. Zodra deze en de ophouder ontsloten is, geeft hij het sein tot doordraaien („klaar”).

Komt een drijvertje boven water, dan laat hij de snelheid van indraaien verminderen om te voorkomen, dat het drijvertje omhoog slaat.

De ondertamp van de ontsloten ophouders en van de spruit van de hanepoot naar de eindboei geeft hij over aan de 3e matroos.

### *2e matroos*

Deze brengt de ontsloten ballasten van vooruit zo spoedig mogelijk terug naar hun vaste plaats op het achterdek. De drijvertjes controleert hij op lekkage (schudden) en bergt deze weder in de kisten (lekke drijvers worden apart gehouden en aan boord afgegeven voor reparatie). Hij assisteert de 3e matroos met het naar achteren brengen en binnenboord wippen van de kleine boeitjes en de eindboei.

### *3e matroos*

Hij houdt een haak klaar om de op BB boeg komende boeien op te vangen en neemt van de 1e matroos de tamp van de ophouder (en van de spruit bij de eindboei) over. Hij kort de ophouder in, neemt deze van SB rond de voorsteven

naar BB (geusstok tevoren wegnemen) en loopt er mede naar achteren, daarbij goed er op lettende, dat geen einden of bochten van lijnen buitenboord hangen. Bij BB valreep wordt het boeitje binnenboord gewipt en in het boeienrek gezet, waarbij de achterste plaatsen eerst bezet worden.

De eindboei wordt geheel achteruit gebracht, met de davit gelicht, binnenboord gedraaid en in de stoel gezet. Daarbij worden de motoren gestopt, terwijl de man aan de dreglier, de 2e en 4e matroos assisteren.

Voor het klaren en opschieten der ophouders is tijdens het indraaien geen gelegenheid, tenzij men meer personeel heeft. Normaal gebeurt dit nadat alles binnenboord is.

Staat er zeegang, dan moeten de boeitjes in het boeienrek gesjord worden. Een extra man hiervoor is wel wenselijk.

#### 4e matroos

Hij zorgt, dat de sleeplijnen en bodemlijnen goed verdeeld, droog en strak worden opgewonden. Voor het droogmaken wordt een lap gebruikt, terwijl het gebruik van de speciaal hiervoor verstrekte handschoenen wordt aanbevolen.

Hij let tevens op versleten lijnen e. d. en waarschuwt direct, opdat nog tijdens het indraaien tot vernieuwing kan worden overgegaan.

Eventueel gedurende de dag gebroken, doch niet vervangen bodemlijnen moeten nu eveneens vervangen worden.

Zal het tuig gedurende lange tijd niet gebruikt worden, dan moet tijdens het indraaien zo nu en dan gestopt worden en de rol met een kwast met consistentvet bestreken. Bij het beëindigen van het dregwerk voor die dag geschiedt dit in elk geval, zodra het gehele tuig is opgedraaid.

Hij assisteert bij het hijsen van de eindboei.

## 10.5 Communicatie

### 10.5.1 Optische seinen

Tijdens het dreggen voeren de dregboten 2 zwarte ballen en een rode vlag, terwijl de volboot slechts een rode vlag toont. Een en ander is officieel vastgesteld en aan de scheepvaart bekendgemaakt.

De drie boten zijn voorzien van een radiotelefonietoestel, terwijl zo nodig seinen tevoren afgesproken kunnen worden.

Aanbevolen seinen vindt men in onderstaande tabel.

| Sein                                       | Betekenis                                                       | Contrasein                       |
|--------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| <i>Dreggen met schip en twee dregboten</i> |                                                                 |                                  |
| <i>Door schip</i>                          |                                                                 |                                  |
| 2 ballen op                                | In positie, dregboten naderbij komen voor schieten van het tuig | 2 ballen op (beide dregboten)    |
| Rode vlag op                               | Eindboei te water                                               | —                                |
| Rode vlag neer                             | Eindsnellius nemen, indraaien                                   | Rode vlag neer (beide dregboten) |
| 2 ballen neer                              | Schip heeft dregtuig losgegooid                                 | —                                |
| Kegel op (punt naar boven)                 | Wens radioverbinding met Dreg I (III)                           | Kegel op                         |



| Sein                                       | Betekenis                                                            | Contrasein                        |
|--------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| Kegel op (punt naar beneden)               | Wens radioverbinding met Dreg II (IV)                                | Kegel op                          |
| Kegel neer                                 | Radioverbinding eindigen                                             | Kegel neer                        |
| Cilinder op                                | Wens radioverbinding met beide dregboten                             | Cilinder op (beide dregboten)     |
| Cilinder neer                              | Radioverbinding eindigen                                             | Cilinder neer                     |
| <i>Door dregboot</i>                       |                                                                      |                                   |
| Rode vlag op                               | Eindboei te water                                                    | —                                 |
| 2 ballen neer                              | Zodra gehele tuig binnen boord is                                    | —                                 |
| (Dreg I, III) kegel op (punt naar boven)   | Wens radioverbinding met schip                                       | Kegel op (punt naar boven)        |
| (Dreg II, IV) kegel op (punt naar beneden) | Wens radioverbinding met schip                                       | Kegel op (punt naar beneden)      |
| Kegel neer                                 | Radioverbinding eindigen                                             | Kegel neer                        |
| Cilinder op                                | Wens radioverbinding met schip en andere dregboot                    | Cilinder op                       |
| Cilinder neer                              | Radioverbinding eindigen                                             | Cilinder neer                     |
| Witte vlag op                              | Wens radioverbinding met toegevoegde volgboot                        | Witte vlag op                     |
| Witte vlag neer                            | Radioverbinding eindigen                                             | Witte vlag neer                   |
| Blauwe vlag op                             | Toegevoegde volgboot bij dregboot komen                              | Blauwe vlag op                    |
| Blauwe vlag neer                           | Zodra volgboot bij dregboot is, c.q. indien volgboot niet meer nodig | Blauwe vlag neer                  |
| <i>Door volgboot</i>                       |                                                                      |                                   |
| Rode vlag                                  | Zolang dregtuig geheel of gedeeltelijk uitstaat                      | —                                 |
| Witte vlag op                              | Wens radioverbinding met dregboot (waaraan volgboot toegevoegd)      | Witte vlag op                     |
| Witte vlag neer                            | Radioverbinding eindigen                                             | Witte vlag neer                   |
| <i>Dreggen met sloep en twee dregboten</i> |                                                                      |                                   |
| <i>Door sloep</i>                          |                                                                      |                                   |
| Rode vlag op                               | Zolang de sloep aan het dregtuig is verbonden                        | —                                 |
| Cilinder op                                | Wens radioverbinding met dregboten                                   | Cilinder op (beide dregboten)     |
| Cilinder neer                              | Radioverbinding eindigen                                             | Cilinder neer (beide dregboten)   |
| <i>Door dregboot</i>                       |                                                                      |                                   |
| 2 ballen op (leider)                       | Sloep en dregboot naderbij komen voor overnemen dregtuig             | 2 ballen op (dregboot);           |
| Rode vlag neer                             | Eindsnellius nemen, indraaien                                        | Rode vlag op (sloep)              |
| Kegel op                                   | Wens radioverbinding met andere dregboot                             | Rode vlag neer (dregboot)         |
| Kegel neer                                 | Radioverbinding eindigen                                             | Kegel op                          |
| Cilinder op                                | Wens radioverbinding met dregboot en sloep                           | Kegel neer                        |
| Cilinder neer                              | Radioverbinding eindigen                                             | Cilinder op (dregboot en sloep)   |
|                                            |                                                                      | Cilinder neer (dregboot en sloep) |

De overige voor dregboot en volgboot geldende seinen blijven zoals hiervoor vermeld.

| Sein                                                                                                                         | Betekenis                                                                                                         | Contrasein                                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| <i>Dreggen met twee dregboten</i>                                                                                            |                                                                                                                   |                                               |
| <i>Door dregboot</i>                                                                                                         |                                                                                                                   |                                               |
| 2 ballen op (leider)                                                                                                         | Andere dregboot naderbij komen voor overnemen bodemlijn                                                           | 2 ballen op                                   |
| Rode vlag op                                                                                                                 | Eindboei te water                                                                                                 | —                                             |
| Rode vlag neer                                                                                                               | Eindsnellius nemen, indraaien                                                                                     | Rode vlag neer                                |
| 2 ballen neer                                                                                                                | Zodra gehele tuig binnenboord is                                                                                  | —                                             |
| Kegel op                                                                                                                     | Wens radioverbinding met andere dregboot                                                                          | Kegel op                                      |
| Kegel neer                                                                                                                   | Radioverbinding eindigen                                                                                          | Kegel neer                                    |
| Witte vlag op                                                                                                                | Wens radioverbinding met volgboot                                                                                 | Witte vlag op                                 |
| Witte vlag neer                                                                                                              | Radioverbinding eindigen                                                                                          | Witte vlag neer                               |
| Blauwe vlag op                                                                                                               | Volgboot bij dregboot komen                                                                                       | Blauwe vlag op                                |
| Blauwe vlag neer                                                                                                             | Zodra volgboot bij dregboot is, c.q. indien volgboot niet meer nodig                                              | Blauwe vlag neer                              |
| <i>Door volgboot</i>                                                                                                         |                                                                                                                   |                                               |
| Rode vlag                                                                                                                    | Zolang dregtuig geheel of gedeeltelijk uitstaat                                                                   | —                                             |
| Witte vlag op                                                                                                                | Wens radioverbinding met dregboot, waarvoor op dit moment gewerkt wordt (indien niet bekend: dregboot van leider) | Witte vlag op                                 |
| Witte vlag neer                                                                                                              | Radioverbinding eindigen                                                                                          | Witte vlag neer                               |
| <i>Dreggen met 1 dregboot en motorsloep of schip</i>                                                                         |                                                                                                                   |                                               |
| <i>Schip en dregboot</i>                                                                                                     |                                                                                                                   |                                               |
| 2 ballen op (door leider op schip c.q. dregboot)                                                                             | Dregboot, c.q. sloep naderbij komen voor overnemen dregtuig                                                       | 2 ballen op (dregboot) c.q. rode vlag (sloep) |
| Rode vlag op (op schip en dregboot)                                                                                          | Eindboei te water                                                                                                 | —                                             |
| Rode vlag neer (leider)                                                                                                      | (c.q. eindsnellius nemen), indraaien                                                                              | Rode vlag neer                                |
| 2 ballen neer                                                                                                                | Zodra tuig losgegooid (schip of sloep) of geheel binnenboord is (dregboot)                                        | —                                             |
| De overige voor dregboot, schip, sloep en volgboot geldende seinen blijven zoals vermeld bij het dreggen met twee dregboten. |                                                                                                                   |                                               |
| <i>Seinen voor boeiesloep, uitsluitend door leider te geven :</i>                                                            |                                                                                                                   |                                               |
| 1 lange stoot + cilinder op (cilinder neer na uitvoering)                                                                    | Boeiesloep boeitje lichten, c.q. snijden                                                                          | —                                             |
| Vele korte stoten + cilinder op                                                                                              | Ballast met boeitje opnieuw ter plaatse werpen                                                                    | —                                             |
| Cilinder half voor-gehesen                                                                                                   | Boeiesloep bij oproepend schip komen                                                                              | —                                             |

### 10.5.2 Toelichtingen

De volgende opmerkingen worden nog gemaakt:

1. In het algemeen verdient het aanbeveling de ontvangers permanent op luidspreker-ontvangst te laten bijstaan, zo dit mogelijk is; speciaal tijdens het uitzetten van de dreg.

2. Om op de hoogte te blijven wat met het gehele tuig gaande is, moet steeds over de radio medegeluisterd worden, indien het werk dit toelaat.

3. De radioverbinding met de volgboot wordt alleen gebruikt zolang hier een officier aanwezig is. Bij voorkeur geschiedt de verbinding met de dregboot, die de volgboot voor een bepaalde opdracht heeft weggezonden.

4. Wordt de grote dreg gebruikt, waarbij in het midden van het tuig schip of sloep het slepen verricht, dan worden twee volgboten gebruikt, voor elke helft van het tuig één. Elke volgboot kan slechts in radioverbinding treden met de dregboot, waaraan de volgboot is toegevoegd. Rechtstreekse verbinding met schip of slepende sloep moet vermeden worden ter voorkoming van tegenstrijdige orders.

5. Wordt het schip met beide dregboten gebruikt, dan bevindt de leider zich op het schip. Rechtstreekse communicatie tussen beide dregboten onderling is onnodig en ook niet mogelijk.

6. Wordt de sloep in het midden van de dreg gebruikt, dan bevindt de leider zich op een der dregboten. Door de sloep kunnen slechts beide dregboten tegelijk worden opgeroepen; uit de volgende radiocommunicatie blijkt verder welke dregboot bedoeld wordt.

7. Indien het nemen van een eindsnellius niet nodig is, dan betekent het neerhalen van de rode vlag slechts: „indraaien van de dreg”.

8. Zo nodig moet tijdens het indraaien de rode vlag weer worden gehesen als scheepvaart in de nabijheid is.

## **10.6 Plaatsbepaling tijdens dreggen**

### **10.6.1 Twee dregboten**

Bij het dreggen met twee dregboten houdt elke boot zijn eigen plaatsbepaling bij. Slechts begin- en eindsnellius moeten tegelijkertijd worden genomen.

Wordt de dreg echter over de andere boeg genomen, dus in het algemeen 8 of meer streken van koers veranderd, dan gaat de bocht van het tuig ook in een andere vorm staan. Enige plaatsbepalingen moeten nu gelijktijdig worden genomen om de vorm, waarin het tuig staat, later goed te kunnen tekenen. Het middelste boeitje wordt dan mede gesneden.

### **10.6.2 Sloep en twee dregboten**

Bij het dreggen met de sloep en twee dregboten geschiedt de plaatsbepaling in principe op dezelfde wijze. De motorsloep in het midden neemt geen plaatsbepalingen, doch peilt over het sloepkompas haar eigen eindboei (die hier middenboei is) als gelijktijdige plaatsbepalingen worden genomen, terwijl de dregboten de sloep en niet de middenboei snijden. Met richting (magnetisch) en de afstand van 120 m kan dan de plaats van de middenboei geconstrueerd worden. Daarbij is men bij de beginsnellius aan de veilige kant, aangezien thans beide bochten achterblijven bij de middenboei. Voor de eindsnellius is het nodig, dat elke dregboot een snijding neemt op het middelste boeitje tussen dregboot en sloep. Bij de constructie op het constructiedregblad wordt dan de richting uitgezet en met behulp daarvan zo goed mogelijk de ligging van de dreg getekend, waarbij men leiding heeft aan de gelijke lengte der bochten aan beide zijden van dit boeitje tot eindboei en middenboei.

Aangezien hier een aantal onzekerheden in schuilen, moet het tekenen zó geschieden, dat altijd zeer ruim de veilige kant wordt gehouden, d.w.z. dat *nimmer* iets bij het afgedregde gedeelte mag worden getrokken, als dit niet absoluut zeker is.

Bij het breken van de dreg beschouwt men de laatste snellius, waarvan men geheel zeker is, dat het tuig toen nog intact was en normaal uitstond, als de eindsnellius. Snijdingen zijn daarbij dan niet genomen, men heeft slechts leiding aan de afstand tussen beide eindboeien. Met de bekende lengte van het tuig zal men dan de bocht in het gehele tuig zo moeten tekenen, alsof er geen middenboei door de sloep gesleept werd en dan deze bocht nog aan de ruime kant nemen om gehele zekerheid te hebben, dat niet-afgedregde gebieden niet bij de dregstroken worden getrokken.

Het bovenstaande is, aangepast aan de omstandigheden, op overeenkomstige wijze van toepassing op de plaatsbepaling bij andere dregcombinaties.

### 10.6.3 Schip en twee dregboten

Bij het dreggen met schip en twee dregboten neemt slechts het schip plaatsbepaling op de wal, waarbij tegelijkertijd beide dregboten ingesneden worden. Aangezien de onderlinge peiling der vaartuigen zich slechts langzaam zal wijzigen, kan men in de praktijk de beide dregboten na het nemen van de snellius snijden, waarbij elk der beide waarnemende officieren steeds dezelfde dregboot snijdt. Bij een zeer betrouwbaar kompas kan de snijding door een peiling worden vervangen, behalve bij begin- en eindsnellius. Op de dregboten wordt de tuighoogte van het schip gemeten en de eigen eindboei over het kompas gepeild. De uitkomsten worden direct aan het schip doorgegeven, eerst door dreg I, dan door dreg II.

Aan de dregboten wordt de generale magnetische koers opgegeven. Beide boten sturen daarbij enige streken naar buiten, zodat de afstand tot het schip gelijk is aan de tevoren vastgestelde halve dregbreedte + reserve voor sleper en onvoorziene afwijkingen van de geprojecteerde koersen der eindboeien. De peiling van het schip staat loodrecht op de generale koers, zodat hiermede globaal de juiste positie kan worden gehouden. Zo nodig geeft het schip aanwijzingen voor vaart meerderen of minderen, omdat de kompaspeiling op de dregboot betrekkelijk onnauwkeurig zal zijn.

Bij het nemen van begin- en eindsnellius en eventueel vaker indien nodig, wordt ook de middenboei vanaf het schip gesneden (de afstand brug—middenboei moet bekend en opgetekend worden).

Zoals uit het bovenstaande blijkt, is deze methode van dreggen uitstekend geschikt indien de aan te meten punten zo ver verwijderd zijn, dat deze vanaf het dek (of de seinersstand) der dregboten niet of slecht zichtbaar zijn.

### 10.6.4 Dregboot met schip of sloep

Bij het dreggen van schip of sloep met 1 dregboot geschiedt de plaatsbepaling alsof met 2 dregboten gewerkt wordt. Vaak wordt deze methode echter gebruikt bij het werken met een korte dreg over wrakken of ondiepten van geringe omvang, waar het nemen van een plaatsbepaling meestal niet nodig is (zie par. 10.9.2).

### 10.6.5 Plaatsbepaling buiten zicht van land

Het geval kan zich voordoen dat een strook moet afgedregd worden buiten zicht van land.

In dat geval zal de strook steeds breed moeten zijn, omdat ook de scheepvaart daar niet beschikt over nauwkeurige plaatsbepaling. Er moeten dan ook steeds meerdere banen naast elkaar gedregd worden, welke een voldoende zijdelingse overlap hebben.

De plaatsbepaling is in dat geval in principe mogelijk op een net van getrianguleerde drijfbakens. Hiermede is — afgezien van de risico van wegdrijven — geen grote nauwkeurigheid bereikbaar, hetgeen het noodzakelijk maakt de zijdelingse overlappen oneconomisch breed te projecteren.

Op drukbevaren scheepvaartroutes is het bovendien noodzakelijk een deel dier drijfbakens te verlichten, wat practisch slechts mogelijk is door het gebruik van officiële gasboeien. Deze hebben het bezwaar van niet door het opnemingsvaartuig gelegd en verplaatst te kunnen worden, zodat daarvoor de diensten van een speciaal bebakeningsvaartuig nodig zouden zijn.

Daarenboven heeft het gebruik van dergelijke drijfbakens t. b. v. de plaatsbepaling nog velerlei andere praktische nadelen. Dit is dan ook de reden, dat uitgestrekte terreinen buiten zicht van land, welke voor dreggen in aanmerking komen, tot nu toe niet bewerkt zijn kunnen worden. Voor incidentele opdrachten van kleinere omvang is de methode echter wel bruikbaar.

De mogelijkheid tot het afdreggen van scheepvaartroutes buiten zicht van land is pas geopend door de uitvinding van de radio plaatsbepalingssystemen, waarmee het mogelijk is plaatsbepaling met grote nauwkeurigheid te verrichten tot op afstanden van meerdere honderden kilometers buiten de kust. Het meest aangewezen systeem voor hydrografisch gebruik is het Decca Survey System; voor een beschrijving en de toepassingen daarvan wordt verwezen naar hoofdstuk XII.

De op die wijze bereikbare nauwkeurigheid is van de orde van 15 tot 30 meter; hierdoor is het mogelijk tevens de zijdelingse overlappen smal te projecteren.

De kosten van aanschaffing van een Decca Survey System zijn hoog, doch een door het Bureau Hydrografie in 1949 gemaakte raming wijst uit, dat de kosten van een (gedeeltelijk) verlichte bebakening met drijfbakens nog iets hoger zijn, terwijl in dit laatste geval slechts een geringe nauwkeurigheid in de plaatsbepaling kan worden bereikt, en in het geval van toepassing van Decca tevens over een systeem beschikt wordt, dat ook buiten de dregstroken een plaatsbepaling van gelijkwaardige nauwkeurigheid verschaft.

In het algemeen kan dan ook gezegd worden, dat uitgebreide dregwerkzaamheden buiten zicht van land slechts mogelijk zijn door gebruik te maken van het Decca Survey System.

## 10.7 Uitrusting dregboot

Het navolgende is de *verstrekking* voor 2 dregboten, indien gewerkt zal worden met 2 boten en schip of sloep met een dreg van 3120 m lengte. Daar echter het verbruik van verschillende onderdelen o. a. afhangt van de aard van het terrein (grondsoort, kans op pikken enz.) en tevens de mogelijkheid van eventueel opzenden van benodigde artikelen een belangrijke factor is, geve men zich, vóór het vertrek naar het terrein, van een en ander terdege rekenschap. Een grote reservevoorraad kan nooit kwaad.

De verwijzingen vermelden de tekeningnummers van de Rijkswerf te Willemsoord of de betreffende Nederlandse normaalbladen, terwijl in de laatste kolom

vermeld wordt in welke werkplaats de aanmaak geschiedt, hetgeen bij navraag gemak kan opleveren.

| Aantal   |         | N <sup>o</sup> (Zie fig. 10.7 t/m 10.11) | Benaming                  | Tekening no. of omschrijving     | Materiaal       | Te leveren door      |
|----------|---------|------------------------------------------|---------------------------|----------------------------------|-----------------|----------------------|
| Per tuig | Reserve |                                          |                           |                                  |                 |                      |
| 4        |         | 1                                        | Eindboei                  | 9.01/25-2.02                     | st. 37          | Lichte plaatwerkerij |
| 20       |         | 2                                        | Sleper (lang 30 m)        | staaldr. 6 x 24<br>omtr. 25 mm   |                 | Takelaarswerkplaats  |
| 92       | 46      | 3                                        | Kous                      | N. 503-8                         |                 | Buiten besteld       |
| 120      | 60      | 4                                        | Harpsluiting              | N. 229-A-95-15                   |                 | Buiten besteld       |
| 148      | 74      | 5                                        | Wartel                    | 9.03/25-2-02                     | st. 37 verzinkt | Smederij             |
| 28       | 14      | 6                                        | Schalmhaak                | 9.03/25-2-02                     | st. 37 verzinkt | Smederij             |
| 104      |         | 7                                        | Bodemlijn (lang 30 m)     | staaldr. 6 x 12<br>omtr. 12,5 mm |                 | Takelaarswerkplaats  |
| 232      | 116     | 8                                        | Kous                      | 2.01/25.2.02                     |                 | Buiten besteld       |
| 302      | 151     | 9                                        | Harpsluiting              | N. 229-A-6-12                    |                 | Buiten besteld       |
| 94       | 47      | 10                                       | Schalmhaak                | 9.03/25-2-02                     | st. 37 verzinkt | Smederij             |
| 94       | 47      | 11                                       | Schalmhaak (musketonhaak) | 9.03/25-2-02                     | st. 37 verzinkt | Smederij             |
| 90       | 45      | 12                                       | Drijver                   | 9.02/25-2-02                     | st. 37 verzinkt | Lichte plaatwerkerij |
| 24       | 7       | 13                                       | Ophouder (lang 25 m)      | staaldr. 6 x 24<br>omtrek 25 mm  |                 | Takelaarswerkplaats  |
| 4        |         | 14                                       | Ophouder (lang 25 m)      | tuigketting 6 mm                 |                 | Takelaarswerkplaats  |
| 24       | 7       | 15                                       | Tussenboei                | 9.02/25-2-02                     | st. 37          | Lichte plaatwerkerij |
| 4        | 4       | 16                                       | Ballastgewicht 50 kg      | 9.03/25-2-02                     | gietijzer       | Gieterij             |
| 24       | 12      | 17                                       | Ballastgewicht 25 kg      | 9.03/25-2-02                     | gietijzer       | Gieterij             |
| 28       | 14      | 18                                       | Dreg                      | 9.03/25-2-02                     | st. 37 verzinkt | Smederij             |
| 28       | 14      | 19                                       | Strop voor dreg           | 9.03/25-2-02                     |                 | Takelaarswerkplaats  |
| 4        | 2       | 20                                       | Teststaaf                 | 1.01/25-2-02                     | verzinkt        | Smederij             |
| 4        | 2       | 21                                       | Testketting (lang 25 m)   | 1.01/25-2-02                     | verzinkt        | Buiten besteld       |
| 4        |         | 22                                       | Sleper (lang 25 m)        | Manilla omtr. 7 cm               |                 | Takelaarswerkplaats  |
| 4        | 4       | 23                                       | Kous                      | N.411-T75                        |                 | Buiten besteld       |
| 4        | 8       | 24                                       | Harpsluiting              | N.229-A-13-32                    |                 | Buiten besteld       |
| 4        |         | 25                                       | Bijhouder (lang 20 m)     | Manilla omtr. 5 cm               |                 | Takelaarswerkplaats  |
| 4        | 4       | 26                                       | Kous                      | N.411-T50                        |                 | Buiten besteld       |
| 4        | 4       | 27                                       | D. sluiting               | N.228-A-13-32                    |                 | Buiten besteld       |
| 2        | 2       | 28                                       | Vissers joontje           |                                  | rubber          | Buiten besteld       |
| 28       | 14      | 29                                       | Wimpelstok                | 9.01/25-2-02                     |                 | Lichte plaatwerkerij |

*Reserve staaldraad, manilla, enz.*

|                                   |        |
|-----------------------------------|--------|
| Staaldraad 6 x 12, omtrek 12,5 mm | 2000 m |
| Staaldraad 6 x 12, omtrek 25 mm   | 200 m  |
| Manilla omtrek 7 cm               | 50 m   |
| Manilla omtrek 5 cm               | 50 m   |
| Testketting                       | 50 m   |

*Verbruik per 3 maanden*

|                              |         |
|------------------------------|---------|
| Consistentvet . . . . .      | 75 kg   |
| Lijnolie, gekookte . . . . . | 40 „    |
| Marlijn geteerd . . . . .    | 15 str. |
| Witwerk, geplozen . . . . .  | 15 kg   |
| Oud zeildoek . . . . .       | 15 „    |
| Leer (voor merken) . . . . . | 1 „     |

Aangezien de bodemlijnen en slepers in het algemeen slechts bij eerste verstreking als zodanig verstrekt worden, moet elke voorkomende gelegenheid gebruikt worden om uit de reservevoorraad staaldraad en kousen nieuwe lijnen en slepers samen te stellen. In het algemeen bestaat hiervoor aan boord der dregboten voldoende tijd wanneer lange trajecten worden afgedregd, waarbij slechts zelden gevaren gevonden worden.

Het aanbrengen van twee vaste merken aan dek op een onderlinge afstand van 10 m levert gemak op bij het afmeten der lengten van 30 m (een nauwkeurigheid tot ongeveer 1 % (3 dm) is voldoende).

Voor het kleine dregtuig, dat in principe hetzelfde is, zie par. 10.3.2.

## 10.8 Dreggen met schip (sloep) en twee dregboten

### 10.8.1 Voorbereidingen

Deze wijze van dreggen geschiedt bij voorkeur als met een lange dreg gewerkt wordt. Echter alleen indien redelijkerwijze geen gevaren verwacht worden, omdat het uitzetten en indraaien veel tijd vergt en bij breken het geheel indraaien en opnieuw uitzetten meestal de enige oplossing is.

Het schip kan natuurlijk alleen gebruikt worden als het zelf geen gevaar zal lopen, terwijl bij deze methode niet op tegenkoers kan worden gegaan. Lange, gestrekte stroken zijn hierbij voordelig. Bij veel wind is het gebruik van het schip niet mogelijk, omdat dit bij de geringe vaart te veel wordt weggezet.

Zijn grote koersveranderingen nodig, dan is het beter de sloep te gebruiken.

Het schip zal echter wel gebruikt worden, ook indien men met een kortere dreg werkt, indien alleen vanaf het schip plaatsbepaling mogelijk is. Een andere mogelijkheid is hierbij, dat na het uitzetten van de dreg door de twee dregboten, het schip de eindboei met sleper van één dregboot overneemt en deze na het nemen van de eindsnellus weer afgeeft. In dit geval is het komen op tegenkoers wel mogelijk.

Bij het werken met een lange dreg worden steeds 2 volgboten gebruikt; voor elke dreghelft is een vaste volgboot aangewezen, die zijn orders uitsluitend van één dregboot krijgt.

Op het schip geschiedt de plaatsbepaling, terwijl men vanzelfsprekend ook uitkijk houdt naar de stand van het tuig, van onregelmatigheden de betreffende dregboot dan wel beide direct waarschuwt en zo nodig alle vaartuigen onmiddellijk laat stoppen.

Het schip heeft een dregblad en niet de dregboten.

Wordt met de sloep als middenvaartuig gedregd, dan zal de leidende dregboot de kant van de overlap nemen.

Aan boord van het schip is als speciaal personeel benodigd:

2 officieren, waarvan 1 leider van de gehele dregmanoeuvre

2 uitkijken, tevens seiner, één voor elke helft van het tuig

1 opschrijver

1 man voor bediening radiotelefonie

2 man voor behandelen sleper achteruit.

De bemanning van een slepende sloep bestaat uit:

1 officier

1 roerganger

1 motorist

1 opschrijver-uitkijk

1 matroos voor behandelen tuig.

Op elk der beide dregboten moeten thans twee officieren aanwezig zijn, waarbij de toegevoegde officieren zo nodig met de volgboten medegaan.

Bij het werken met het schip zijn dus totaal 6, met een sloep 5 officieren nodig.

De inventaris van de dregboten en volgboten blijft als vermeld in par. 10.4.1 (behalve op de dregboten geen dregbladen, tekenmateriaal of voorspelde getijkromme, indien plaatsbepaling uitsluitend op het schip plaats heeft).

Wordt de sloep als middenvaartuig gebruikt, dan is daarop voor het dregwerk nodig:

|                        |                                        |
|------------------------|----------------------------------------|
| antenne                | rode vlag                              |
| radiotelefonietoestel  | cilinder                               |
| echolood               | bootshaak                              |
| reserve-echoloodpapier | lijst van vastgestelde optische seinen |
| horloge                | manilla sleeptros en bijhouder         |
| sloepskompas           | marlspijker                            |
| dregboekje             | opgoolijn                              |
| hoekspiegel            | schiemansgaren.                        |
| kijker                 |                                        |

Aan boord van het schip is de inventaris als voor een dregboot (par. 10.4.1), terwijl het aanbeveling verdient elke uitkijk een kijker te verstrekken en te zorgen voor goede communicatie tussen uitkijk en brug en tussen brug en achterschip.

Voor het slepen van het tuig op het schip wordt een lange manillatros van 7 cm omtrek of groter achteruit klaargelegd met opgoolijn en bootshaak.

Op de slepende sloep wordt een manillatros en bijhouder gebruikt en belegd, zoals op de dregboten gebruikelijk (par. 10.4.2).

Aan boord van de dregboten zijn de voorbereidingen gelijk als bij het dreggen met 2 dregboten, echter wordt 1 dregboot aangewezen om de 2e eindboei (die als middenboei zal dienst doen) af te geven.

### 10.8.2 Schieten van de dreg

Is het schip ter plaatse aangekomen, dan gaat het in de koers van de geprojecteerde dregstrook liggen (dus loodrecht op de richting waarin de beide dregboten zullen schieten), stopt de schroeven en hijst 2 zwarte ballen. De manillasleper is tevoren door de panamakluis gevoerd en achteruit weer binnen boord genomen.



Beide dregboten stomen, elk langs één der zijden van het schip naar het achterschip. Een der dregboten maakt verbinding, de manillasleper van het schip wordt overgenomen en hierop de stalen sleper gesloten. Deze wordt nu op de dregboot uitgestoomd in een koers, tegengesteld aan die van het schip.

Aan deze sleper, die van de BB buitentrommel afgenomen wordt, worden op de gewone wijze hanepoot en eindballast bevestigd, echter geen drijvertjes.

De tweede dregboot stoomt inmiddels evenwijdig met de eerste mede, maakt verbinding en geeft haar bodemlijn af, die met de eigen bodemlijn aan de grote ballast wordt bevestigd. De laatste wordt nu buitenboord gezet, met de snijstrop de eindboei gesneden, terwijl beide boten 8 streken van koers veranderen naar buiten toe.

Telkens nadat 4 bodemlijnen met 3 drijvers aangesloten zijn, volgt een ballast met klein boeitje. Verder geschiedt het uitzetten geheel als vermeld in par. 10.4.2.

De lijnen op de dreglier moeten zoveel mogelijk tevoren in de goede volgorde aangesloten zijn.

Tijdens het uitzetten kan het schip zo nodig manoeuvreren om vrij van haar sleper te blijven en deze gestrekt te houden. Hierbij kan een volgboot goede diensten bewijzen door een manilla rond de eindboei te nemen en deze door langzaam trekken in tegengestelde richting gestrekt te houden.

Aan boord van het schip is de manillasleper (die om de 30 meter gemerkt moet zijn om later de afstand tot de eindboei te kunnen bepalen) inmiddels belegd.

### 10.8.3 Dreggen met schip met twee schroeven

Is het schip tijdens het uitzetten van de dreg uit de koers gelopen, dan wordt het zoveel mogelijk op de plaats gedraaid en weer op koers gebracht, waarbij zo nodig van de manillasleper moet worden gestoken om geen rukken in het tuig te krijgen.

Is het schip op koers en wordt vaart gelopen, dan moet de manilla weer langzaam worden ingedraaid om later speling te hebben bij koersveranderingen.

De lengte van de manillasleper buitenboord moet bekend zijn op de brug bij elke genomen gelijktijdige plaatsbepaling.

Tijdens het uitzetten wordt vanzelfsprekend het wegzetten door stroom en wind gecontroleerd en opgestuurd zodra het tuig geheel uitstaat. Vermeden moet worden aan het tuig te trekken, voordat de dregboten gereed zijn.

Alle koersveranderingen geschieden zoveel mogelijk door zodanig met de schroeven te manoeuvreren, dat geen grote kracht op het tuig komt. Van grotere koersveranderingen ter correctie van drift moeten de dregboten gewaarschuwd worden, zodat ook deze hiermede rekening kunnen houden.

De dregboten zullen door koers- en vaartwijziging hun positie t. o. v. het schip handhaven in peiling dwars op de richting van de dregbaan en op de tuighoogte-afstand, behorend bij de uitstaande dreg. Een eenvoudig hulpmiddel om aan de dregboten de richting dwars op de dregbaan aan te geven, bestaat uit een horizontale bamboe met 2 baakjes op de uiteinden, welke op de bovenbrug draaibaar is bevestigd. Door deze bamboe bij iedere koersverandering weer dwars op de baanrichting te stellen, kunnen de dregboten deze baakjes ineen houdend gemakkelijk dwarsop blijven en aldus de grootste baanbreedte verkrijgen. Teneinde zekerheid te hebben dat tijdens de dregtocht aan de zijde van de overlap niet ongemerkt heilige dagen worden gemaakt, verdient het aanbeveling behalve op het schip ook op deze dregboot volledige plaatsbepaling en constructie op het sloepsdregblad te doen uitvoeren.

Op tegenkoers komen is hier niet mogelijk, omdat de draaicirkel groter is dan de breedte van een sectie (120 m).

#### 10.8.4 Dreggen met sloep

Tijdens het uitzetten van de dreg, dat op dezelfde wijze als met het schip geschiedt, blijft de motorsloep drijven en manoeuvreert slechts om te voorkomen, dat de sleper onder de sloep komt of naar voren gaat staan. Op de stalen sleper worden hier wel drijvers gebruikt.

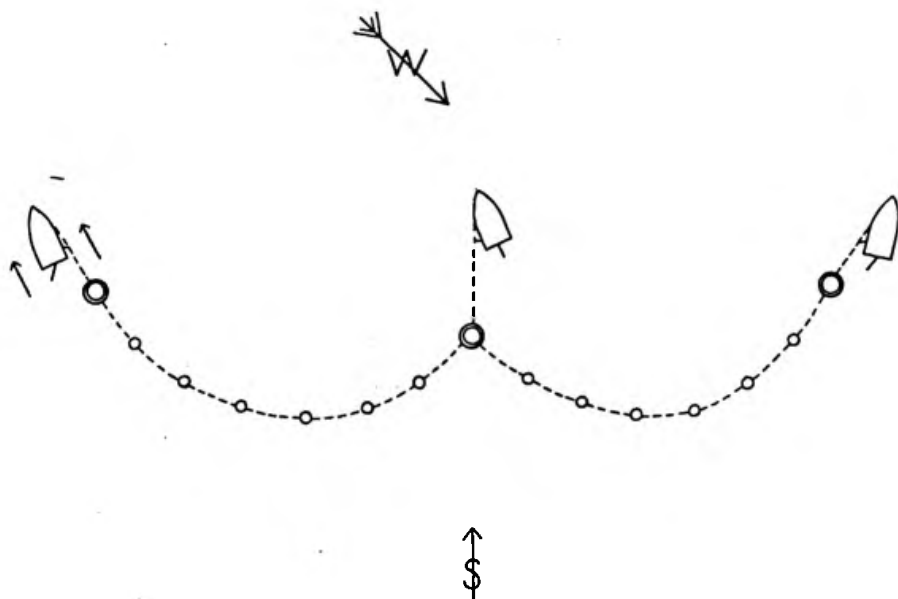


Fig. 10.17

Tijdens het dreggen (fig. 10.17) wordt aan de sloep de generale magnetische koers opgegeven. De sloep houdt op zicht midden tussen beide dregboten, zó, dat de bochten van beide zijden even groot zijn. Eventueel zal de leider aan de sloep koersveranderingen opgeven als de dreg in een of andere richting wordt weggezekt.

De sloep blijft daarbij zoveel mogelijk op de verbindinglijn der dregboten (hoekspiegel gebruiken).

Moet op tegenkoers worden gegaan, dan wordt op de sloep de manilla en een gedeelte van de stalen sleper ingehaald en de korte sleper belegd. Vervolgens wordt over één zijde (tegen de windrichting is het gemakkelijkst) langzaam rondgestoomd, waarbij de sleper gestrekt moet blijven om niet in de bodemlijn te komen.

#### 10.8.5 Indraaien van de dreg

Het schip zorgt tevoren in een zodanige positie te liggen, dat het door de wind niet op het dregtuig kan drijven. De schroeven worden gestopt, de manilla ingedraaid

en de stalen sleper ontsloten. Deze wordt door een der volgboten overgenomen, waarop het schip zich van het tuig kan verwijderen.

De volgboot neemt vervolgens 3 einden van de sleper binnenboord, ontsluit de hanepoot, neemt de spruit naar de eindboei eveneens los en binnenboord en schiet vervolgens de tamp van de laatste sleper van 30 m voor zover bereikbaar in bochten op en bindt deze bochten aan de eindboei.

Vervolgens wordt met een visdreggetje de bodemlijn opgehaald (als de drijvertjes deze niet naar het oppervlak hebben gebracht) tussen middenboei en het eerste kleine boeitje aan de zijde van de dregboot, die slechts één eindboei heeft uitgezet. De sectie wordt ontsloten en op de tampen worden joontjes gezet.

Het indraaien op de dregboten geschiedt verder op de gewone wijze. Later worden de mankerende bodemlijnen en slepers aan de dregboot, die de tweede eindboei binnenboord moet nemen, overgegeven.

Aangezien het indraaien van het gehele tuig hier nogal tijd neemt, kan het bij veel stroom aanbeveling verdienen de dregboten te laten ankeren, indien de diepte dit toestaat, om zo de afstand tot de ligplaats van het opnemingsvaartuig niet voortdurend te vergroten.

Na het nemen van de eindsnellus handelen de dregboten daartoe als volgt om te voorkomen, dat het tuig op dregboot of ankerketting drijft. De sleper wordt vooruit losgenomen en op het achterschip ingelopen; de stalen sleper met voldoende loos achter de hand door de goot genomen en op SB achterbolder belegd. Zo nodig wordt hiertoe even achteruit geslagen.

Vervolgens wordt het roer aan boord gelegd en naar buiten gedraaid tot de dregboot de andere boot recht achteruit heeft. In deze koers wordt langzaam gestoomd tot de eindboei en het eerste kleine boeitje ongeveer recht achteruit zijn, daarna met behulp van de schroeven verder in de stroom opgedraaid en geankerd.

Het inmiddels ontsloten tuig zal nu langzamerhand rondzwaaien en recht achteruit komen, tenzij het gedeeltelijk vastloopt.

De losse tamp vóór de bolder wordt om de trommel genomen, de sleper losgenomen van de bolder en ingedraaid.

Indien het tuig in het midden door de sloep in plaats van door het schip gesleept werd, is het indraaien in zoverre vereenvoudigd, dat de sloep zelf de middensleper kan innemen en de bocht van de laatste sleeplijn aan de eindboei bij kan binden.

### 10.8.6 Gebruik van schip met één schroef

Het schip kan niet op de plaats draaien, waarom het tuig aan boord op een andere wijze moet worden bevestigd. Verstelbare schroeven zijn hierbij uit den boze.

Het schip neemt tevoren een eindboei met complete sleper en hanepoot over.

Een eindboei wordt achteruit buitenboord aan een snijstrop opgehangen. De ophouderketting, afgesteld op diepte en voorzien van de grote ballast, ligt klaar om uit te lopen.

De hanepoot en sleeplijn worden op de gewone wijze bevestigd, doch de drijvertjes worden niet aangebracht.

Achteruit worden voor en achter de schroef bij de verschansing twee snijstropjes aangebracht, waardoorheen de sleeplijn buiten alles om, vrij van het water, naar voren geleid wordt om tenslotte ter hoogte van het draaipunt van het schip tijdelijk binnenboord vastgezet te worden. Met het kiezen van de zijde waaraan de sleeplijn

naar voren gebracht wordt, houde men rekening met de later uit te voeren manoeuvre tijdens het schieten van de dreg, waarbij de wind een belangrijke rol kan spelen.

Op de grote ballast worden bovendien 2 bodemlijnen bevestigd, elk bestaande uit 3 lijnen, lang 30 m, en voorzien van 2 drijvertjes. Deze bodemlijnen worden aan SB en BB achteruit opgeschoten, gereed om afgegeven te worden aan de dregboten.

Tevens wordt op de bak de broeking klaar gelegd. Deze bestaat uit 2 stukken staaldraad van 57 mm, verbonden door een harp, waaraan met een strop een lood van 6 kg bevestigd is. Aan beide uiteinden is de broeking voorzien van oogsplitsen, waarop de doorhalers (manillatros van 8 cm) met harpen bevestigd zijn.

Op de dregboten zijn de voorbereidingen nagenoeg als hiervoor beschreven.

Ter plaatse aangekomen wordt de machine gestopt en de schroef mag onder geen voorwaarde meer draaien.

De broeking wordt op overeenkomstige wijze als de grondketting van een reddingmat omgenomen en naar achteren gebracht. Ter hoogte van het draaipunt van het schip gekomen wordt de broeking doorgehaald naar die zijde waar de sleeplijn zich bevindt, welke laatste met een harp wordt aangesloten op de verbindingsharp der broeking. Vervolgens wordt de broeking naar de andere zijde doorgehaald, totdat het loodje van 6 kg recht onder de kiel hangt. Hiertoe moet van de sleeplijn bijgestoken worden, doch niet meer dan gevraagd wordt. Vervolgens wordt de broeking goed belegd, terwijl de snijstroppen op de verschansing ter hoogte van de voortstuwer stevig aangehaald worden, daarbij zorg dragende dat de sleeplijn naar voren toe stijf staat.

Zodra alles gereed is, gaat het schip de koers van dreggen voorliggen, daarbij zeer langzaam vooruitstomende. De dregboten nemen aan SB en BB achteruit elk een losse tamp van de 90 m bodemlijn over en stomen deze dwarsuit vrij van schip en schroef.

Elke dregboot sluit aan twee lijnen (elk van 30 m) met drijvertjes, waarna het eerste boeitje met ballast en dreggetje volgt. Bij het verder uitzetten van de dreg stomen zij dwars op de richting van de geprojecteerde strook.

Aan boord is inmiddels, zodra beide dregboten hun bodemlijnen hebben aangesloten, de grote ballast afgevierd, daarbij geleidelijk loos gevende van de hanepoot, totdat het gewicht in de ophouderketting aan de eindboei hangt. Hierop snijdt men de strop, de eindboei valt te water en blijft achter. Hanepoot en sleeplijn worden geleidelijk bijgestoken, terwijl het schip ongeveer 2 streken opdraait naar de zijde waar de sleeplijn langs boord loopt. Staat het geheel strak, dan worden achtereenvolgens de achterste en de voorste snijstrop gesneden. De verbinding van de dreg met het schip bevindt zich thans onder de kiel, zodat het schip vrij is in zijn bewegingen en boven de sleeplijn kan ronddraaien.

Het indraaien van de dreg geschiedt als volgt. Terwijl het schip zeer langzaam doorstoomt, ontsluiten de volgboten de bodemlijnen tussen het derde en vierde stuk ter weerszijden van de eindboei achter het schip (4 joontjes). De broeking wordt aan één zijde doorgehaald, terwijl aan de andere kant langzaam wordt bijgevierd. De sleeplijn wordt ontsloten en naar achteruit gebracht, hierbij zorg dragende vrij van de schroef te blijven (eventueel wordt het roer naar die zijde gelegd, waar de broeking wordt doorgehaald). Daarna worden sleeplijn, eindboei enz. met behulp van een rol over het achterschip aan boord genomen. Een volgboot assisteert eventueel bij het inpikken van het takel voor het hijsen van de eindboei.

De dregboten draaien elk hun eigen gedeelte in.

Daar het innemen van de dreg thans omslachtiger is dan bij het dreggen door twee dregboten, wordt bij breken der bodemlijn als volgt gehandeld. Wanneer tijdens het dreggen de lijn pakt, wordt de knik door snellius op het schip en peilingen vanuit schip en dregboot bepaald en doorgestoomd. Breekt nu de lijn, dan neemt de dregboot aan de kant van de breuk zijn gedeelte dreg in, maakt met behulp der volgboot die zich naar de knik gespoed heeft, weer verbinding met het losse einde, schiet de dreg uit en tracht weer dwars te komen van het zo langzaam mogelijk doorvarende schip. De plaats waar de lijn gebroken is, wordt later onderzocht en het ontstane hiaat opgevuld.

Bij het gebruik van het schip in het midden van de dreg is bij het manoeuvreren de wind de voornaamste factor. De gunstigste gelegenheid voor dreggen is vóór de stroom en tegen de wind; bij dreggen vóór de wind krijgt het schip bij de langzaamste vaart, waarbij nog stuur gehouden kan worden, te veel vaart en kan de bodemlijn breken.

## 10.9 Dreggen met één dregboot en schip (motorsloep)

### 10.9.1 Voorbereidingen

Indien een tweede dregboot (tijdelijk) niet beschikbaar is, kan de dreg gesleept worden door één dregboot en het schip of een motorsloep.

De gehele dreg wordt dan door de dregboot uitgezet.

Deze wijze van werken wordt zelfs uitsluitend in de Nederlandse wateren toegepast, waar gedregd wordt door het opnemingsvaartuig (met dregtuig) en een sloep of door een dregboot met opnemingsvaartuig of motorsloep. In dit laatste geval zal men bij voorkeur een motorsloep gebruiken in nauwe vaarwaters, het schip in open zee. De lengte van het tuig bedraagt hier maximaal 480 m. De volgboot en boeiensloep (zie par. 10.9.2) behoeven hierbij niet van radiotelefonie te zijn voorzien.

Als noodgeval (bij uitvallen van een dregboot) vervangt de sloep of het schip de tweede dregboot (de beschikbare lengte van het tuig bedraagt hier  $52 \times 30$  m bodemlijn = 1560 m).

Het dregwerk met een sloep aan één zijde is slechts met kalm weer mogelijk, zodat men, indien andere overwegingen zich hier niet tegen verzetten, liever het opnemingsvaartuig zal gebruiken. Op zulke dagen verricht men bij voorkeur opvulwerk, dat wil zeggen het opvullen van hiaten, die tussen de verschillende dregslagen zijn gevallen. Immers hiervoor is maar een korte dreg nodig.

Het grootste vaartuig heeft hierbij de leiding, hetzij opnemingsvaartuig of dregboot.

Bij bekendheid met het hiervoor beschrevene zijn de voorbereidingen verder gemakkelijk uit te voeren, terwijl bemanning en benodigde inventaris uit het voorgaande zijn af te leiden. De benodigde seinmiddelen volgen uit par. 10.5.1.

Tevoren moet weder zijn vastgesteld welke slag elk der vaartuigen neemt.

Het tuig moet op de dreglier zoveel mogelijk tevoren worden gereedgemaakt.

### 10.9.2 Schieten van de dreg

A. Indien het vaartuig dient ter vervanging van een dregboot, waarbij een dregstrook tevoren geprojecteerd is.

De leider gaat op de plaats van schieten in een koers dwars op de geprojecteerde dregstrook liggen. De tweede boot stoomt voorbij als met het dreggen van twee dregboten.

Verbinding wordt gemaakt, de tamp van de sleper overgegeven en op de manilla-sleper van de andere boot gezet.

De laatste blijft drijven en houdt zo nodig de sleper gestrekt en loodrecht op de geprojecteerde dregkoers.

De dregboot zet verder de dreg op de normale wijze uit. Zodra haar eindboei te water is, wordt door het andere vaartuig langzaam naar de te sturen koers toegedraaid en het dreggen aangevangen.

*B. Bij het gebruik van een korte dreg voor het afdreggen op minste diepte van wrakken en andere gevaren van geringe omvang.*

Ter vereenvoudiging van het werk en ook ter voorkoming, dat het kleine gevaar met een korte dreg zal worden misgelopen door misrekening van de stroom, wordt het vermoedelijke centrum er van tevoren met een boeitje, dat met een lijn aan ballast is verbonden, gemarkeerd. Het levert gemak op, tussen boeitje en ballast, op 1 à 2 m van het boeitje, nog een drijvertje te bevestigen, waardoor de richting van de stroom gemakkelijk verkend kan worden. Door de ballast op het gevaar te gooien, is de kans groot, dat ballast en lijn verloren gaan, omdat de eerste blijkt niet gelicht te kunnen worden. Daarom is het vaak voordeliger het boeitje met ballast even benedenstrooms van het gevaar te werpen. Het kan dan ook langer blijven liggen als de dreg nadert, waardoor tevens de kans dat het tuig het gevaar misloopt, wordt verkleind.

Boeitje en ballast moeten licht zijn om door een motorsloep weer te kunnen worden gelicht. Het boeitje is dus niet ver kenbaar en daarom blijft de motorsloep, die het later moet lichten, even benedenstrooms liggen. Een bemanning van 2 à 3 man is voor deze sloep voldoende. Zij voert ten behoeve van de scheepvaart en ook voor meerdere zichtbaarheid vanaf de dreggende schepen een rode vlag. Een tweede motorsloep is de normale volgbboot.

Reeds eerder moet het gevaar dus gevonden en op snellius vastgelegd zijn. Bij voorkeur zal het leggen door het schip van de leider geschieden, die daarbij tevens gelegenheid heeft om de juiste richting van de stroom waar te nemen en de stroomsterkte te schatten aan de hand van het verankerde boeitje om daarmee zijn plaats van schieten van de dreg te bepalen.

Vaak is het in verband met de nog onbekende minste diepte van het gevaar niet mogelijk, dat het vaartuig zelf zich er boven begeeft.

De sloep zal dan het boeitje leggen op aanwijzing van een officier, die na het leggen weer over kan stappen op een der dreggende vaartuigen. De leider zal na het leggen langs het boeitje buiten de ondiepte varen om de benodigde schattingen te doen.

Om op de plaats van schieten te komen, peilt de leider de richting van het boeitje en schat de benodigde afstand, daarbij de laatste enigszins ruim nemende met het oog op eventueel oponthoud bij het schieten.

Bij de peiling moet er mede rekening gehouden worden, dat het midden van de dreg precies bovenstrooms van het boeitje moet komen. Aangezien slechts één vaartuig hier de gehele dreg schiet, moet de plaats van schieten dus bezijden genoemd punt liggen en wel iets groter dan de halve dregbreedte + 120 m sleper aan de kant

van het vaartuig, dat de tamp van de sleper overneemt. Bij de hier gebruikte korte dreg en vaak grote stroomsterkte zijn de toleranties veel geringer dan met de grote dreg in open zee, met veelal geringe stroom en grote bocht in het tuig. Om mislukking te voorkomen is daarom ook hier een grote ervaring van de leider gewenst.

Voor dit soort werk is het in het algemeen voordelig met weinig of geen stroom te werken, terwijl bij het leggen van lange dregslagen met de grote dreg een constante sterke stroom juist voordeel oplevert.

Op de plaats van schieten gaat de leider met zijn schip loodrecht op de dregkoers liggen en worden 2 zwarte ballen gehesen.

De andere boot schiet langs het schip van de leider, de sleper wordt overgegeven en het vaartuig zonder dregtuig blijft verder gestopt liggen, hoogstens manoeuvrerend om op koers te blijven en de sleper gestrekt te houden zonder eraan te trekken.

Zodra de tweede eindboei van water is, draaien beide boten naar de dregkoers toe, waarbij zij 1 à 2 streken blijven uitsturen. Het uitsturen is in elk geval geringer dan bij gebruik van de grote dreg.

Soms is de ruimte in verband met aanwezige gevaren zo gering dat varende niet bovenstrooms kan worden geschoten (fig 10.18). In dit geval ankert de dregboot zo dicht mogelijk boven en ter zijde van het gevaar en schiet de dreg naar achteren uit, waarbij een sloep zolang de tamp van de sleper vasthoudt. Is de dreg uitgezet, dan kan het schip de tamp overnemen. Deze brengt haar einde van de dreg dwars van de geankerde dregboot, waarbij gezorgd moet worden voor een „te” grote bocht. Zodra het schip daar is, blijft het de stroom doodstomen, de dregboot draait het anker in en beide schepen draaien zo snel mogelijk op koers (manoeuvre als bij op tegenkoers komen). Hierbij moet door manoeuvreren de dreg eerst bijna gestrekt komen en vervolgens in een bocht achteruit gaan staan. Het strekken van de dreg is nodig om de dreg zo spoedig mogelijk in de goede stand te krijgen, zodat men niet het gevaar gepasseerd is, terwijl de dreg nog met de bocht in benedenstroomse richting zou staan.

### 10.9.3 Dreggen

Het tweede vaartuig regelt zijn vaart naar de leider, door de peiling loodrecht op de richting van de stroom te houden.

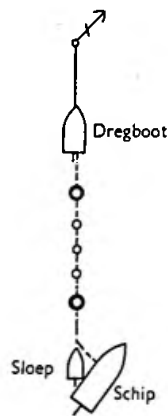
Aangezien de eigenlijke dregslag hier slechts 10 à 20 minuten zal duren, moet direct getest worden.

Zodra begonnen wordt met trekken, peilt elk vaartuig (de sloep bij) het markeerboutje, waarbij de peiling een kleine hoek met de stroomrichting moet maken en langzaam verder moet doorzetten. Blijkt men onverhoopt weggezet te zijn, dan moet onmiddellijk dwars of vrijwel dwars op de dregrichting getrokken worden, waarbij het andere vaartuig achter de sleper medestoomt, zodat op de dreg weinig kracht komt. De bijhouder wordt daarbij zolang losgenomen van de achterbolder en naar het voorschip gebracht.

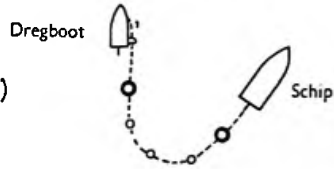
Aangezien hiermede de bocht uit de dreg getrokken en deze dus langer wordt, moet het optrekkende vaartuig iets langer doortrekken dan ogenschijnlijk nodig zou zijn. Op tegenkoers komen is bij gebruik van het schip ook mogelijk. De dregboot draait daarbij gewoon naar de dreg toe, het opnemingsvaartuig juist in de andere richting, dus naar buiten, waarbij vooral gezorgd moet worden, dat voldoende bocht in het tuig blijft om breken te voorkomen.

GEANKERD UITZETTEN VAN DE DREG

Dregboot geankerd en dreg uitgezet; schip neemt tamp van sloep over. (1)



Schip zorgt dwars van dregboot te komen. (2)



Schip in positie; anker gelicht. (3)



Op tegenkoers komen (zie fig. 10.16). (4)

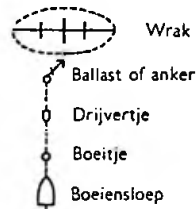


Fig. 10.18



Is het midden van de dreg weer bovenstrooms van het gevaar gekomen, dan draaien beide boten op de plaats, dus met behulp van de schroeven, naar het boeitje toe. Hierdoor wordt breken van de gestrekte korte dreg voorkomen.

Beide boten moeten hierbij tijdelijk iets naar binnen sturen tot de normale bocht weer in het tuig is gekomen.

Gezorgd moet nu worden, dat het midden van het tuig ongeveer midden bovenstrooms van het boeitje komt, ook indien men een ruime overlap heeft. Dit is daarom nodig, omdat men bij wrakken in ondoorzichtig water nooit zeker van hun ligging is, zodat het boeitje wel boven vóór- of achtersteven kan liggen, terwijl het wrak loodrecht op de dregstrook ligt. Bij kleine rissen in helder water is dit gevaar van missen van een gedeelte van het rif minder groot. Als hulp zal de leider hier zijn koersveranderingen aan het andere vaartuig bekendmaken met 1 of 2 korte stoten op de fluit.

Zodra de bocht van de dreg het boeitje nadert, moet op sein van de leider door de motorsloep het boeitje gelicht worden. Soms zit de ballast zo vast, dat snijden van de lijn de enige oplossing is. Het is goed de sloepsbemanning er tevoren op te wijzen, dat de ballast in elk geval gelicht moet zijn voordat de verbindingslijn tussen de boeitjes bij het markeerboeitje is. Is lichten onmogelijk, dan *moet* op eigen initiatief tot snijden worden overgegaan, omdat anders de dreg in de boeilijn verward raakt en de gehele manoeuvre herhaald moet worden.

Voor de seinen van de boeiersloep zie par. 10.5.1.

Het sein om het boeitje met ballast te lichten mag niet eerder worden gegeven, tot men er zeker van is, dat na het lichten de dreg het gevaar niet meer kan missen. Beide boten behouden daartoe de laatst gestuurde koers tot men zeker is met de bocht van de dreg het gevaar ruim gepasseerd te hebben. Vergeet hierbij niet de tijd te noteren in verband met de later toe te passen reductie.

Na het passeren wordt op sein „rode vlag neer” de stalen sleper op de tweede boot ontsloten en hierop een joontje gezet. De andere boot draait in en ankert daarbij desgewenst of indien nodig.

Behalve voor het leggen van het boeitje hebben bij dit werk dus geen hoekmetingen plaats.

#### 10.9.4 Pikken van de dreg

Om de dreggende vaartuigen te assisteren het midden van de dreg over de plaats van het (gelichte) boeitje te doen passeren, moet de sloep order worden gegeven na het lichten en binnenboord nemen van boeitje, lijn en ballast naar schatting op dezelfde plaats te blijven, dus het tij ter plaatse dood te stomen. Bij helder water met zichtbaar rif is dit niet moeilijk; in andere gevallen blijft het gissen, waarbij echter de roerganger op de sloep leiding heeft aan de door hem tevoren gepeilde stroomrichting en de vaart, waarmee hij het tij moet doodvaren om benedenstrooms van het boeitje te blijven liggen, terwijl de dreg naderde; verder kunnen misschien merklijnen van dienst zijn.

Er is nog een andere reden om de sloep op haar plaats te doen blijven. Pikt de dreg, dan zal deze veelal breken. Aangezien het gevaar hier een wrak of klein rif betreft (bij grote rissen zal elk vaartuig op de gewone wijze zijn plaatsbepaling moeten bijhouden), dat vaak slechts met moeite teruggevonden kan worden (zelfs al is de snellius bekend), is het verstandig bij breken van de dreg het gevaar direct weer te doen markeren, zij het misschien niet geheel op de juiste plaats.

Blijkt nu de dreg gebroken te zijn (vaart wordt groter, afstand tussen boeien vergroot, een gedeelte van de dreg gaat langzamerhand in een rechte lijn achter het schip staan), dan wordt door de leider het sein gegeven om het boeitje met ballast te herleggen. De sloep moet nu op de plaats waar zij vermeent nog boven of bij het gevaar te zijn, direct opnieuw het boeitje werpen en erbij blijven liggen.

Het gebroken gedeelte van de dreg achter de dregboot wordt ingedraaid, terwijl het andere eind door het tweede vaartuig naar de dregboot wordt gebracht en daarna overgenomen en ingedraaid; in beide gevallen dus aanvangend met de sleper. Ook kan de dregboot zelf de gebroken tamp opzoeken en van die kant af het tweede gedeelte indraaien.

In dit laatste geval kunnen de einden, na vervanging van de gebroken bodemlijn(en), weer direct op elkaar gezet worden als men met indraaien van het tweede gedeelte van de dreg begint.

Inmiddels begeeft zich een der officieren met de volgboot (voorzien van ballast, lijn en boeitje) en voorzien van de positie van het gevaar naar het opnieuw geworpen boeitje, zoekt van daaruit het centrum van het gevaar wederom op, legt het boeitje en licht vervolgens het eerste boeitje, waarna de boeiensloep bij het laatst geworpen boeitje blijft liggen.

De dreg wordt 5 à 10 dm hoger gesteld (zie par. 10.1.5), rekening houdende met het verloop van het tij tot het moment, dat men schat weer boven het gevaar te zullen zijn.

Daarna wordt opnieuw gedregd.

Moeten op deze wijze een groot aantal wrakken afgedregd worden, dan is de snelste handelwijze bovenstrooms aan te vangen en, zodra een wrak gepasseerd is, het volgende wrak te doen merken, terwijl ingedraaid wordt.

Passeert de dreg een wrak zonder te breken, dan moet aan de sloep het sein gegeven worden, dat zij haar plaats kan verlaten en assisteren bij het verdere werk.

## 10.10 De geïmproviseerde dreg

Heeft het opnemingsvaartuig geen dregtuig aan boord of zijn geen dregboten toegevoegd, terwijl men door omstandigheden zich voor dregwerk gesteld ziet, dan kan een tuig op verschillende manieren geïmproviseerd worden. Hiervan zal een voorbeeld worden gegeven.

De spiegels van twee vletten worden door een 80 m lange manillatros van 4 cm verbonden. Bij de spiegels worden aan een gemerkte draagtros van 6 cm twee ballastschuitjes van 50 kg gehangen. Door de ondergaten van deze schuitjes wordt een vislijn (lijn van 9 draad) geschoren. Deze 79 m lange lijn wordt opgehouden door twee dichtgesoldeerde petroleumblikken. Het geheel is ingericht als fig. 10.19 aangeeft.

Elke vlet wordt met vóór- en achtereind, klaar om los te gooien, langszij bevestigd van een motorsloep. Deze manoeuvreren met het toestel, dat echter slechts door de stroom over het af te dreggen terrein kan worden gevoerd. Een der motorsloepen tracht daarbij in een bepaald, desnoods op te richten merk te blijven en zorgt voor de plaatsbepaling. De andere motorsloep zorgt slechts de boventros gestrekt en in de gewilde richting te houden. Men zorgt voor een doelmatig seinstelsel. Pakt de lijn, dan moeten de sloepen, ter voorkoming van averij, dadelijk losgooien.

Het gereedmaken van het tuig geschiedt het beste goed bovenstrooms en met één der vletten voor anker. Is het tuig klaar en in verband met de peilschaalaflezingen

op de vereiste diepte ingesteld, dan wordt het anker gelicht en brengt men de dreggende vaartuigen in de juiste positie.

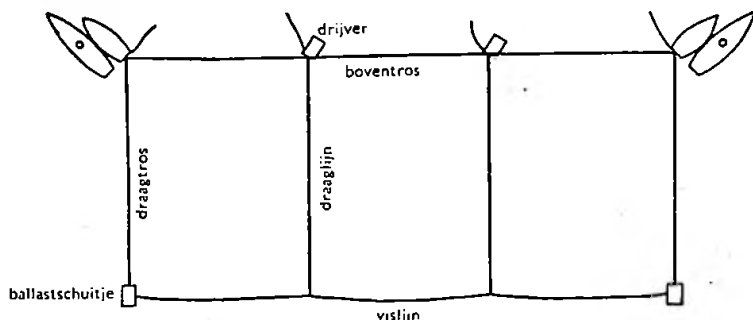


Fig. 10.19

Het toestel heeft goed voldaan, doch het gebruik eist enige oefening. Proef-ondervindelijk werd vastgesteld dat de vislijn ongeveer één voet doorzakte.

## 10.11 Dregbladen

### 10.11.1 Constructiedregblad

Dit blad wordt op dezelfde wijze opgezet als een normaal constructieblad. Op aanwijzing van de commandant worden de grenzen aangegeven van de gebieden, die men voornemens is af te dreggen (in gele inktlijn langs de omtrek); zo nodig wordt in de verschillende vakken tussen haakjes (dus *niet* met het officiële dreg-symbool) de voorgenomen gereduceerde dregdiepte vermeld, eveneens met gele inkt.

De schaal dezer bladen zal afhankelijk zijn van terreinomstandigheden. Over het algemeen wordt voor schaal 1 : 20.000 of groter gerekend, dat de stroken een overlap moeten hebben ongeveer ter breedte van 1 sectie (120 m); met vrijwel rechte lijnen kan een tijdelijke vermindering hiervan tot de helft nog aanvaard worden, doch alle smallere overlappen zijn twijfelachtig. Voor werk op schaal 1 : 40.000 en 1 : 50.000 moet men deze overlappen met 25 tot 50 procent vermeerderen. Bij minder goede plaatsbepaling of bij gebruik van drijfbakens gebruikt men nog grotere overlappen. Een kleinere schaal dan 1 : 75.000 wordt ontraden wegens het onduidelijk worden van het constructieblad.

Het construeren van elke dregtocht geschiedt, met raadpleging van het sloepsdregblad, door een der officieren, die bij de tocht aanwezig was.

Bij lange slagen met de grote dreg (zonder gebruik van het schip) werkt hij het snelst door eerst alle snelli van één boot te construeren. Deze worden *niet* aangeprikt, doch vanuit deze punten worden snijding en afstand (indien in dregboekje niet anders vermeld, 120 m) tot de eindboei uitgezet en deze laatste punten wel aangeprikt. Tevens wordt hier en daar het nummer van de snellius bijgeschreven. Ook worden de snijdingen, die op de andere boot zijn genomen, met een dunne potloodlijn aangegeven, waarnaast de tijd wordt gezet. Deze snijdingen geven namelijk een goede onderlinge contrôle op de plaatsbepalingen van beide boten. De tijd (in potlood) moet voorts nog bijgeschreven worden, omdat de boten niet tegelijkertijd hun plaatsbepalingen nemen.

De snijdingen op de middenboeien worden eveneens afgezet en ter onderscheiding in potlood tijdelijk met de letter „M” en de tijd gemerkt.

Vervolgens wordt de slag van de tweede boot op dezelfde wijze geconstrueerd. De snijdingen (op de dregboten, *niet* op de eindboeien) dienen weer ter controle, terwijl bovendien de maximum afstand tussen de eindboeien bekend is.

De plaatsen van het middenboeitje worden aangeprikt.

De route, door de eindboeien gevolgd, wordt door een onderbroken lijn tussen de plaatsbepalingen aangegeven, zoals dit bij lodingwerk geschiedt.

Tenslotte worden de begin- en eindstand van het tuig aangegeven door een vloeiende kromme als bocht te tekenen tussen de eindboeien en over de plaats van het middenboeitje (zie hierbij par. 10.6).

Het geheel wordt in inkt gezet, waardoor een gesloten figuur wordt verkregen. Elke figuur moet daarbij een eigen kleur hebben, voorzover zij op, naast of over elkaar vallen, zodat de verschillende dregtochten duidelijk van elkaar zijn te onderscheiden (hiervoor worden gele en O.I. inkt niet gebruikt).

Uit de waargenomen getijkromme(n) worden de reducties berekend, welke op de gewone wijze (als in de lodingboekjes) in elk dregboekje worden bijgeschreven. Na het constructiewerk wordt in elke afgedregde strook het dregsymbool met de gereduceerde diepten bijgeschreven in de kleur waarin de betreffende strook is getekend; de scheidingen tussen de verschillende dregdiepten (in verband met het verloop van het tij) worden in de vorm van het uitstaande dregtuig getrokken.

Op deze wijze ontstaat dus binnen de geel omlijnde figuur een „lappendeken”, waarin onmiddellijk de hiaten, die nog opgevuld moeten worden, te vinden zijn. Deze worden bovendien voorlopig met potlood gearceerd.

Bij het leggen van dregstroken zonder dat plaatsbepalingen genomen zijn (over wrakken en bekende gevaren van geringe omvang), wordt het wrak of het gevaar met het voorgeschreven symbool op het blad aangegeven en „□” erbij gezet, waarbij later de afgedregde diepte aangegeven wordt.

Vaak komt het gevaar reeds op het gewone constructieblad voor, zodat het daarvan kan worden overgenomen. Speciaal zal dit geschieden, als het constructieblad een grotere schaal heeft dan het dregblad.

Afgedregde riffen van grotere omvang, waarbij de omtrek dus bij het lodingwerk werd vastgesteld, worden van het constructieblad overgenomen en in O.I. inkt op het dregblad gezet. Op de gewone wijze wordt het dregwerk van beide boten hier overheen geconstrueerd, zodat men zeker is het gehele rif afgedregd te hebben.

Heeft men *uitsluitend* wrakken of kleine gevaren af te dreggen (waarbij dus tijdens het dreggen geen plaatsbepalingen genomen worden), dan worden geen speciale dregbladen gebruikt, doch de dregsymbolen direct op het constructieblad en minuutblad aangegeven (werkwijze in Nederland).

Bij dregtochten van het schip met twee dregboten worden uit de plaatsbepalingen van het schip de posities der beide dregboten en daaruit die van de eindboeien geconstrueerd. De positie van de middenboei achter het schip behoeft alleen geconstrueerd te worden bij het begin en einde van elke slag.

### 10.11.2 Sloepsdregblad

Als het dregwerk op een uitgestrekt terrein enige tijd aan de gang is, dan zal voor elke volgende dag een programma vastgesteld moeten worden, zodanig dat men het meeste van het tij profiteert.

Een goede kennis van de horizontale getijbeweging is daarbij van onschatbare waarde. Vooral op onbekend terrein moet met het verzamelen der gegevens direct aangevangen worden, waarbij een doelmatige keuze van de ankerplaatsen van het schip de meeste gegevens zal verschaffen. De ervaring in het Zuidelijk gedeelte van Straat Riouw heeft geleerd, dat dreggen zelfs onbegonnen werk is in vaarwaters met sterke getijstromen, als niet *eerst* stroomconstanten bepaald zijn.

Voor een snelle werkwijze zal men zoveel mogelijk met het volgende rekening houden:

1. stroom mede naar het terrein, dus van het schip naar de eerste plaats van schieten;
2. stroom mede bij elke dregslag, waarbij tijd van kentering bekend en de duur van de slag geschat moet worden;
3. bij geen of weinig stroom zoveel mogelijk de hiaten opvullen of kleine gevaren afdreggen, daarbij van de bovenstroomse naar de benedenstroomse gevaren werkend;
4. de kleine gevaren zo mogelijk combinerend, zodat men tussen twee gevaren de dreg niet behoeft in te draaien, doch slechts de diepte-instelling behoeft te veranderen (waarbij zo nodig tijdelijk geankerd wordt);
5. bij een groot verval worden wrakken en „pinnacle rocks” liefst om en nabij HW. of LW. afgedregd. Men heeft dan minder kans de reductie verkeerd te schatten en dus minder risico van onnodig pikken of breken;
6. valt één dregboot uit, dan wordt bij voorkeur opvulwerk verricht of worden kleine gevaren afgedregd;
7. bij zeegang wordt bij voorkeur het grote werk, bij kalm weer het kleine werk verricht. Hiervoor zijn verschillende redenen: de kans op pikken is bij groot werk geringer, de kans op breken bij slecht weer groter, het uitzetten en indraaien geschiedt bij slecht weer langzamer en met meer risico (bij klein werk moet dit veel vaker geschieden), terwijl de snelheid door het water nagenoeg gelijk blijft.

Is aan de hand van bovenstaande overwegingen het programma en zo nodig een alternatief programma vastgesteld, dan wordt voor het uitgezochte terrein een sloepsdregblad samengesteld. Hierop komen dezelfde gegevens voor als bij een sloepsblad voor lodingwerk, doch bovendien worden hierop in inkt aangegeven de grenzen van reeds afgedregde stroken, voorzover deze aan het te verrichten werk grenzen, en bekende gevaren (ook indien nog niet afgedregd), die in of nabij de geprojecteerde stroken liggen. Ook moet gedacht worden aan voldoende diepte boven- en benedenstrooms van het werk om de dreg te kunnen uitzetten en indraaien. Zo nodig worden dieptecijfers bijgeplaatst en ondiepten ingetekend, zodat men de wijze van uitzetten en indraaien hieraan kan aanpassen. Zijn er in de nabijheid gevaarlijke gebieden (mijnen), dan worden de grenzen ervan aangegeven.

Van riffen en kleine gevaren, die afgedregd moeten worden, worden de gemeten bogen opgetekend, benevens de minst gevonden gereduceerde diepten met het lood en c.q. de gereduceerde diepte waarop de dreg reeds op het gevaar gepikt heeft.

De gereduceerde diepten, waarop de verschillende stroken moeten worden afgedregd, worden eveneens aangetekend.

Bij dregtochten met plaatsbepalingen worden vervolgens op de sloepsdregbladen de trajecten aangetekend, die de eindboeien moeten volgen, waarbij men zoveel mogelijk rechte lijnen aanhoudt, dus niet alle bochten en onregelmatigheden van de naastliggende slag volgt, doch wel zorgt voor voldoende overlap.

Afgesproken wordt, welke slag elk der boten zal nemen, waarbij de leider bij voorkeur de aansluitende slag op het vroegere werk voor zijn rekening neemt, of die zijde van de slag, waar de meeste kans op het vinden van ondiepten bestaat.

Werkt men met schip en twee dregboten, dan worden op de bladen drie trajecten aangetekend, nl. ook van de eindboei achter het schip.

### 10.11.3 Minuutdregblad

Het minuutdregblad wordt evenals het minuutblad van een geografisch net voorzien.

Alle kleine gevaren, die afgedregd zijn, worden met de voorgeschreven symbolen en de gereduceerde dregdiepte ingetekend.

Grote riffen, die met plaatsbepaling afgedregd zijn, behoeven niet op dit blad ingetekend te worden. Zij moeten vanzelfsprekend wel op het gewone minuutblad voorkomen.

Vervolgens wordt de buitenomtrek van het gehele werk door een gesloten lijn in O.-I. inkt omgeven, evenals de omtrek van er binnen liggende, niet afgedregde gebieden.

Uit het constructieblad worden nu *die* delen der verschillende stroken gelicht, die op de grootste diepte zijn afgedregd en op het minuutblad overgebracht als een gesloten figuur in paarse inkt met ingeschreven dregsymbool en dregdiepte. Schaven van de grenzen dezer gebieden mag niet plaats hebben.

Daarna worden *die* dregstroken overgenomen, waarvan de dregdiepte minder dan die van bovengenoemde, doch meer dan die van de overige stroken bedraagt.

Liggen deze stroken op het minuutblad geheel vrij van de reeds ingetekende stroken, dan worden deze ook als een gesloten figuur getekend. Sluiten zij tegen de gebieden met groter dregdiepte aan, dan worden de grenzen van de eerste tegen de laatste afgebroken.

Op deze manier werkt men voort tot het gehele gebied met de afgedregde stroken is gevuld. Door zo te werken, wordt elke overlap steeds bij het gebied getrokken, dat op de grotere diepte is afgedregd.

Voor de overzichtelijkheid worden vervolgens de afgedregde gebieden van 20 dm of minder geel, 21 tot 50 dm groen, 50 tot 100 dm rood, 100 tot 200 dm geel, en meer dan 200 dm blauw gekleurd.

Tenslotte maakt men een calque van het blad en legt deze over het minuutblad. Gecontroleerd wordt of de plaats der kleine gevaren en wrakken op beide bladen dezelfde is, de dregdiepten steeds minder of hoogstens gelijk zijn aan de diepte cijfers in hetzelfde gebied, terwijl tenslotte wordt nagegaan in hoeverre uitbreiding van het dregwerk ten behoeve van de scheepvaart nog nodig is, dan wel of sommige stukken nog op een grotere diepte afgedregd moeten worden (zo dit mogelijk is), om op deze wijze de vaart voor diepgaande schepen te vergemakkelijken of mogelijk te maken.

## XI. KUSTLIJN EN TOPOGRAFIE

### 11.1 Bepalen van de kustlijn

Als kustlijn wordt aangenomen de gemiddelde hoogwaterlijn. In streken waar vloedbossen de kust beheersen, wordt de grens van de in het water staande begroeiing als kustlijn bepaald.

De kustlijn wordt in kaart gebracht met gebruikmaking van de gegevens tijdens de lodingtochten verkregen (de details zijn op het sloepsblad ingeschetst), tezamen met gegevens, voor dit doel verzameld bij de metingen uit bakens en ankerplaatsen. Reeds bij de metingen voor de triangulatie worden uit de bakens raaklijnen aan landhoeken en snijlijnen op kenbare punten — ook die aan de kustlijn gelegen — genomen en deze waarnemingen uit de verschillende ankerplaatsen van het schip voortdurend vermeerderd.

Bij voorkeur neemt men de snijdingen t. o. v. ver verwijderde bakens of andere bekende natuurlijke terreinvorwerpen, omdat hierdoor het afzetten later nauwkeuriger kan plaats vinden. Men denke er echter om, dat deze ver verwijderde bakens wel op het te gebruiken constructie- c.q. bergenblad moeten voorkomen. Zoveel mogelijk schetsen worden bijgevoegd om later het uitwerken te vergemakkelijken. Licht men met de sloep vlak onder de wal voor dreg, dan doet men evenzo, schat verder de afstand tot de hoogwaterlijn en schetst op het sloepsblad de wal in.

Moet men met de sloep zo ver van de hoogwaterlijn afblijven, dat schatten te onnauwkeurig wordt, dan bepaalt men op die lijn liggende kenbare voorwerpen (een stuk drijfhout, een blok steen of een struik) door snijding uit verschillende snelliuspunten of gebruikt een kleine afstandmeter. Zeer belangrijk bij de kustbepaling is, de uitspringende hoeken goed binnen te krijgen.

Moet men bij het loden zo ver van de wal afblijven, dat door snijdingen op voorwerpen op de hoogwaterlijn deze niet behoorlijk is binnen te krijgen, dan dient voor haar bepaling een afzonderlijke tocht gemaakt te worden. Men loopt daarvoor de kustlijn af, of, is het terrein daarvoor minder geschikt, dan vaart men er — ongeveer bij hoogwater — in een vlet, prauw of kano langs. Door snellii, raak- en snijlijnen, schetsen en omschrijving bepaalt men de hoogwaterlijn daarbij zodanig, dat ze met voldoende nauwkeurigheid in kaart te brengen is. Het gebruik van een sloepsblad is daarbij meestal noodzakelijk, tenzij het een eenvoudige gestrekte kust met flauwe bochten betreft. Heeft men aan de kust geen voldoende gelegenheid tot snelliusmeting, dan dient men de bepaling met boussole, bakens en tachymeter uit te voeren. Ook de kleine, draagbare afstandmeter kan hierbij zeer goede diensten verrichten.

Alle snijdingen uit triangulatiebakens worden in het meetboekje van de betrokken officier ingeschreven, metingen tijdens lodingwerk en bij tochten ter bepaling van de kustlijn in het lodingboekje. Metingen uit de verschillende ankerplaatsen van het schip komen in het ankersnelliusboekje; hierbij wordt steeds tevens de voorliggende koers, de diepte en de hoeveelheid gestoken ankerketting vermeld. Hierdoor heeft men een indruk van de optredende positieverandering van het schip bij het zwaaien. Is deze verandering op de gebruikte schaal van het blad waarneembaar, dan moet, indien het schip voor meting door sloepen gebruikt wordt, telkens opnieuw gemeten en de plaats geconstrueerd worden. Bij het later afzetten van snijdingen zorge men er dus voor de goede positie te gebruiken.

De opvolgende ankerplaatsen van het schip worden in het ankersnelliusboekje (en in het hoekmeet- en bakenregister, waarin zij worden overgenomen), op het constructie- en bergenblad doorlopend genummerd: S 1, S 2, . . . , terwijl nieuw verrichte plaatsbepalingen wegens rondzwaaien een letter krijgen: S 2, S 2a, S 2b, . . .

Uit de verschillende ankerplaatsen en bakens worden schetsen vervaardigd (of foto's genomen), die eveneens in de boekjes (registers) worden opgenomen. Deze schetsen dienen alleen voor oriëntatie om uit te maken, welke van de uit verschillende punten genomen snijdingen bij elkaar behoren (hetzelfde punt aansnijden) en zijn dus niet bedoeld als landverkenningen voor de zeekaart of zeemansgids.

Bij het verzamelen van gegevens voor de kustlijn moeten ook die punten van de kust worden bepaald, die blijkens het radarbeeld als radarkenbaar kunnen worden beschouwd. Afzonderlijke vermelding hiervan is noodzakelijk.

## 11.2 Bepalen van de topografie van het landgedeelte en van kenbare punten

### 11.2.1 Inleiding

Van de topografische bijzonderheden, die op de zeekaart behoren voor te komen, zijn de kenbare natuurlijke of kunstmatige terreinvoorwerpen, zoals berg- en heuveltoppen, ver zichtbare kloven, duidelijk zich aftekenende terrasranden, zeer opvallende bomen, lichttorens, huizen e. d., welke als peilpunten, voor merklijnen of als verkenning van riviermonden, baai-ingangen, aanloopplaatsen enz. kunnen dienen, van het meeste gewicht. Dergelijke punten worden — voorzover zij niet reeds als triangulatie- of lodingpunten bepaald zijn — vastgelegd door snijlijnen uit bakens en ankerplaatsen. Bij de metingen wordt ook steeds de hoogte gemeten, indien deze van belang is. Men zij indachtig tevens snijdingen te nemen op minder kenbare punten van bergruggen of raaklijnen aan terrassen, overgangen van berg- of heuvelland in vlakte, teneinde de formatie van het land zodanig te kunnen tekenen, dat de kaart op voldoende wijze een voorstelling geeft van de indruk, welke het land, vanuit zee gezien, geeft. Daardoor wordt het de zeeman gemakkelijk gemaakt de peilpunten spoedig te verkennen.

De op de zeekaart te geven voorstelling dient bovendien zo goed mogelijk aangepast te worden aan de eisen, welke de navigatie met behulp van radar stelt. Hierbij kunnen goede topografische kaarten van groot nut zijn; zie ook par. 11.4. De „radarkenbaarheid” van bepaalde objecten of bergformaties wordt beoordeeld aan de hand van het beeld op de P.P.I. van de radar van het opnemingsvaartuig.

Tot nu toe werden op zeekaarten slechts geкартеerd de van uit zee kenbare bergtoppen en andere daarvoor in aanmerking komende objecten, e. e. a. met vermelding van hun hoogten. De verdere bergformatie werd dan zodanig ingeschetst en door schaduwing (z.g. „schrappes”) aangegeven, dat de zeeman zich daarvan een duidelijke voorstelling kon maken. In het algemeen zal deze min of meer schetsmatige voorstelling bevredigend zijn voor visuele navigatie, doch onvoldoende voor navigatie met behulp van radar. De meest gewenste weergave van de topografie t. b. v. radarnavigatie maakt nog een punt van internationale studie uit. Vast staat wel, dat de weergave meer gedetailleerd zal moeten zijn dan tot nu toe gebruikelijk. Gezocht wordt in de richting van verschillend gekleurde hoogtezones, zoals op atlaskaarten gebruikelijk; deze oplossing stelt echter hoge druktechnische eisen en is daarom kostbaar.

Het eist grote oplettendheid de minder goed kenbare berg- of heuveltoppen en de secundaire punten, welke men voor voldoende nauwkeurige tekening van het



verloop der ruggen wil vastleggen, uit verschillende richtingen te herkennen. Het is derhalve zaak deze punten steeds bij het verstomen in het oog te houden en uit de verschillende bakens en ankerplaatsen een aparte tekening te maken. Zeer gewenst is dit zoveel mogelijk door een zelfde persoon te laten doen.

Op zeekaarten worden de berghoogten gegeven met inbegrip van die der begroeiing; op de topografische kaarten enkel de hoogte van de grond. Bepaalt de Topografische Dienst de hoogte zonder op de betrokken top te zijn geweest en heeft die dienst daardoor de hoogte met inbegrip van die der begroeiing verkregen, dan wordt voor de laatste meestal een vast bedrag van 30 m afgetrokken.

Hoogten worden op door de Nederlandse Hydrografie samengestelde zeekaarten gegeven in meters boven middenstand. Dit vlak is gekozen, omdat bergtoppen van bekende — op de zeekaart vermelde — hoogte bij de navigatie soms gebruikt worden om een afstand tot die top te kunnen berekenen uit een met sextant gemeten hoogte daarvan; afwijking van de waterstand t. o. v. dat vlak op het ogenblik van die hoogtemeting heeft zodoende de kleinste invloed op de te berekenen afstand.

### 11.2.2 Plaatsbepaling van punten in het binnenland

Bergtoppen en andere (visueel of m. b. v. radar) kenbare objecten worden bij een hydrografische kaartering vrijwel uitsluitend „op snijding” vastgelegd. Op alle daarvoor in aanmerking komende punten wordt uit zoveel mogelijk standplaatsen een snijding genomen. Als standplaatsen komen in de eerste plaats in aanmerking de triangulatiepunten en in de tweede plaats ankersnelli. Daartoe wordt de hoek gemeten tussen een baken en het te snijden object; in verband met de invloed van mogelijke excentriciteitsfouten, zowel bij de meting als bij het afzetten van de snijding op het blad, moet het baken voldoende ver weg zijn. In ieder geval moet het baken verder weg liggen dan het te bepalen punt. Aan met theodoliet gemeten snijdingen wordt de meeste waarde toegekend, aangezien zij op sextantmetingen vóór hebben, dat zij nauwkeuriger zijn en bovendien (bij goed geregelde en goed opgestelde theodoliet) niet aangedaan zijn door richtingsfouten ten gevolge van de elevatie van het aangemeten object.

De snijdingen worden afgezet op het constructieblad. Voor veraf gelegen bergtoppen, welke buiten de grenzen van dit blad zouden kunnen vallen, wordt gebruik gemaakt van een speciaal daartoe opgezet *bergenblad*, dat dan op een kleinere schaal is uitgevoerd.

De ligging van de bergtop wordt bepaald door snijdingen uit een zo groot mogelijk aantal punten. Fouten in de gemeten richtingen en in het afzetten daarvan, hebben uiteraard de kleinste invloed op de nauwkeurigheid van het aldus door constructie gevonden punt, bij combinaties van snijdingen welke 90° in richting verschillen.

Aan de mate, waarin alle snijdingslijnen door één punt gaan, kan aan de hand van de schaal van kaartering de meer of mindere betrouwbaarheid van de vastlegging beoordeeld worden.

De snijdingslijnen zijn (met zeer grote benadering) feitelijk grootcirkels. Zij worden op het constructie- of bergenblad afgezet als rechte lijnen, hetgeen slechts geoorloofd is als een grootcirkel in de gebruikte kaartprojectie als rechte lijn wordt afgebeeld, hetgeen in de bij de Nederlandse Hydrografie gebruikte kaartprojecties slechts bij benadering het geval is. Voor de op lange snijdingslijnen in verband

hiermede toe te passen richtingscorrecties wordt verwezen naar „Kaartprojecties beschouwd uit een hydrografisch oogpunt” (uitgave Hydrografie 1950).

### 11.2.3 Hoogtemeting en -berekening

Uit alle standplaatsen, waarin snijdingen genomen zijn op bergtoppen en andere kenbare voorwerpen, wordt tevens de hoogte gemeten; uit deze gemeten hoogte en de op het constructie- of bergenblad opgemeten afstand kan dan de hoogte in meters berekend worden. Deze afstanden kunnen uiteraard pas opgemeten worden, als het object uit een voldoende aantal snijdingen is vastgelegd en geconstrueerd.

Deze methode van hoogtemeting en -berekening is bekend onder de naam van *trigonometrische hoogtebepaling*.

Een andere methode van hoogtebepaling is de *barometrische hoogtemeting*. Met uitgebreide voorzorgsmaatregelen is hiermede een vrij hoge nauwkeurigheid te bereiken; zij wordt bij de Nederlandse Hydrografie — mede in verband met de veelal praktische onmogelijkheid om de bergtoppen zelf te beklimmen — vrijwel niet toegepast.

Van objecten aan de kust kan de hoogte veelal door directe meting bepaald worden t. o. v. de grond; de herleiding tot middenstandsvlak (par. 11.2.1) geschiedt dan door een kleine waterpassing.

Wat betreft de berekening van een berghoogte bij de trigonometrische hoogtebepaling wordt het volgende opgemerkt. In fig. 11.1 is:

- $h$  = ooghoogte in  $P_1$  (waarnemer) boven waterstand op moment van waarneming (voor theodoliet: hoogte 2e as);
- $H$  = gezochte hoogte van  $P_2$  boven middenstand;
- $c$  = waterstand boven middenstand;
- $A$  = ellipsoïdeafstand tussen de beide voetpunten  $V_1$  en  $V_2$ ; deze afstand wordt afgepast van het constructie- of bergenblad.

$h$ ,  $H$ ,  $c$  en  $A$  worden uitgedrukt in meters (1 decimaal in verband met mogelijke accumulatie van afrondingsfouten).

Tengevolge van de aardse straalbuiging wordt  $P_2$  gezien in de richting  $P_1-P_3$ ; de met theodoliet gemeten elevatiehoek ( $P_3P_1$  boven schijnbare horizon) is  $\alpha$  (zeniths-hoek =  $z$ ); van een met sextant boven de kim gemeten hoek moet, ter verkrijging van  $\alpha$ , eerst de kimduiking voor vrije — c.q. onvrije — kim worden afgetrokken.

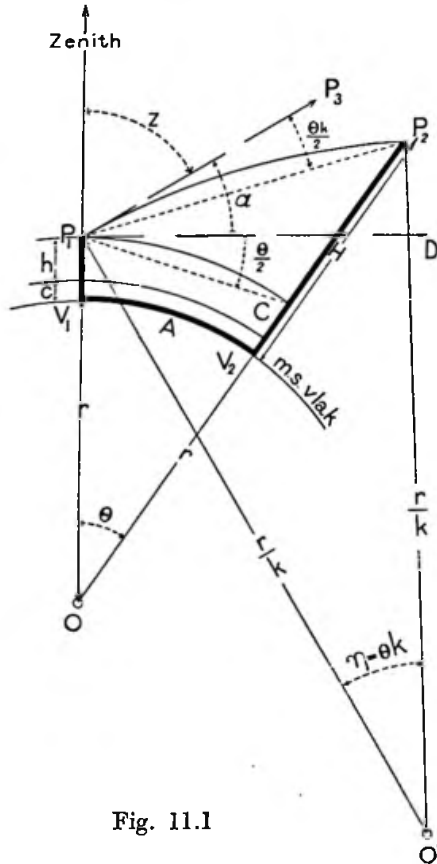


Fig. 11.1

Uit de figuur volgt:

$$H = P_2C + h + c. \quad (11.2.3a)$$

Bij een beschouwing van fig. 11.1 dient men te bedenken, dat  $h$ ,  $H$ ,  $A$  en  $c$  in werkelijkheid klein zijn t. o. v.  $r$ , terwijl  $O'P_1$  in werkelijkheid van de orde van 7 maal groter is dan  $r$ .

Voor de berekening van  $P_2C$  wordt aangenomen:

1. dat de ellipsoïde mag worden benaderd door een in  $V_1$  rakende bol met kromtestraal  $r = \sqrt{RN}$ , waarin  $R$  = meridiaankromtestraal en  $N$  = dwarskromtestraal, beide in  $V_1$ ;
2. dat de lengte van cirkelboog  $A$  gelijk is aan de opgemeten kaartafstand;
3. dat de lengte van cirkelboog  $P_1C$  gelijkgesteld mag worden aan de lengte van boog  $A$ ;
4. dat de lengte van koorde  $P_1C$  gelijkgesteld mag worden aan de lengte van boog  $P_1C$ , dus — in verband met 3 — tevens aan boog  $A$ ;
5. dat de baan van de lichtstraal van  $P_2$  naar  $P_1$  benaderd mag worden door een cirkelboog met straal  $\frac{r}{k}$ , waarin  $k$  = de refractiecoëfficiënt (in de zeevaartkunde definieert men de refractiecoëfficiënt als  $n = \frac{k}{2}$ );
6. dat de lengte van koorde  $P_1P_2$  gelijkgesteld mag worden aan die van boog  $P_1P_2$ ;
7. dat de koorde  $P_1P_2$  gelijkgesteld mag worden aan koorde  $P_1C$ , dus — in verband met 4 — tevens aan boog  $A$ ;
8. dat de vlakke driehoek  $P_2P_1C$  rechthoekig is in  $C$ .

Rekening houdende met bovenstaande benaderingen, is:

$$\begin{aligned} \theta \text{ (in radialen)} &= \frac{A}{r} \\ \theta \text{ (in boogseconden)} &= \frac{206265}{r} A \end{aligned} \quad (11.2.3b)$$

$$\eta \text{ (in radialen)} = \frac{bg P_1P_2}{r} = \frac{Ak}{r} = \theta k \quad (11.2.3c)$$

Uit de figuur blijkt, dat de omtrekshoek  $P_3P_1P_2$  gelijk is aan  $\frac{\theta k}{2}$ , terwijl de omtrekshoek  $DP_1C$  gelijk is aan  $\frac{\theta}{2}$ , zodat:

$$\text{hoek } P_2P_1C = \alpha + \frac{\theta}{2} - \frac{\theta k}{2} = \alpha + \frac{1-k}{2} \theta.$$

Aangezien de koorde  $P_1C$  gelijkgesteld is aan boog  $A$  (punt 4) en de hoek  $P_1CP_2$  recht werd verondersteld (punt 8), wordt gevonden:

$$\begin{aligned} P_2C &= P_1C \operatorname{tg} \angle P_2P_1C \\ P_2C &= A \operatorname{tg} \left( \alpha + \frac{1-k}{2} \theta \right). \end{aligned} \quad (11.2.3d)$$

Uit substitutie van (11.2.3b) in (11.2.3d) volgt:

$$P_2C = \text{Atg} \left\{ \alpha + \frac{(1-k) 206265}{2r} A \right\}$$

$$\text{Stelt men hierin: } \frac{(1-k) 206265}{2r} = p, \quad (11.2.3e)$$

$$\text{dan is: } P_2C = \text{Atg} (\alpha + pA). \quad (11.2.3f)$$

In formule (11.2.3f) is  $pA$  een hoek, uitgedrukt in sexagesimale boogseconden ( $A$  in meters).

Door substitutie van (11.2.3f) in (11.2.3a) wordt verkregen:

$$H = \text{Atg} (\alpha + pA) + h + c. \quad (11.2.3g)$$

Onderstaand tabelletje geeft de waarde van  $p$ , berekend voor de gemiddelde waarde van  $r$ , geldende voor de daarin genoemde gebieden.

| k    | p       | log p      |                                 |
|------|---------|------------|---------------------------------|
| 0,14 | 0,01395 | 8,14453-10 | 0° tot 20° breedte<br>Nederland |
| 0,16 | 0,01357 | 8,13268-10 |                                 |

Onderzoekt men de invloed van fouten in de gegevens en van de bij de afleiding toegepaste benaderingen, dan blijkt, dat de benaderingsformule (11.2.3g) — gezien de te verwachten onzekerheid in de aardse straalbuiging (die mede van invloed is op de kimduiking, welke op met sextant gemeten hoogten moet worden toegepast) — volkomen aanvaardbaar is voor alle hydrografische toepassingen, zowel tussen 0° en 20° breedte als in Nederland.

Bij normale straalbuiging wordt  $H$  met behulp van formule (11.2.3g) gevonden met een mogelijke fout van enkele meters; ter vermindering van accumulatie van afrondingsfouten worden de 3 termen in het 2e lid van de formule berekend in 1 decimaal.

De straalbuiging is slechts normaal als geen temperatuurinversies voorkomen in de door de lichtstralen doorlopen luchtlagen; daartoe is in het algemeen nodig een windkracht van tenminste 3. Temperatuurinversies zijn het meest waarschijnlijk in de onderste luchtlagen en zodoende zijn afwijkingen in de kimduiking t. o. v. de normale waarde meer te vrezen dan afwijkingen in de aangenomen cirkelbaan van  $P_2$  naar  $P_1$ , d.w.z. in hoek  $\frac{\partial k}{2}$ . Hoogtemetingen met de theodoliet verdienen

daarom — en bovendien vanwege de grotere meetnauwkeurigheid — de voorkeur boven die met sextant; wat de laatstgenoemde soort waarnemingen betreft, wordt opgemerkt, dat steeds gestreefd moet worden naar waarnemingen boven de vrije kim, aangezien de onvrije kimduiking door nog grotere onzekerheden is aangedaan.

Aanwijzingen voor abnormale straalbuiging zijn:

- voor de richting  $P_1P_3$ : een onrustig beeld van  $P_2$ ;
- voor de kimduiking: luchtspiegelingen op de kim.

Voorbeelden van trigonometrische hoogteberekening zijn gegeven in „Hydrografische Beeijferingen, 1950” (uitgave Ministerie van Marine; niet in de handel).

### 11.3 Landverkenningen

Landverkenningen ten behoeve van zeevarenden moeten worden vervaardigd, indien deze voor een ter plaatse onbekend gezagvoerder bij het aanlopen der kust gemak kunnen opleveren. In het bijzonder zijn dus van belang landverkenningen van merk- en gevaarlijnen, van toegangen naar havens en riviermonden.

Landverkenningen moeten worden vervaardigd vanaf de plaats, waar deze het eerst nodig zullen zijn, dus in het algemeen vanaf posities ruim buiten ondiepten en even voordat men een merklijn zal gaan gebruiken. Ook moet de afstand kleiner zijn dan het gemiddeld ter plaatse heersende zicht. Een in Nederland gebruikelijke algemene waarde is 4 à 5 zeemijlen; in tropische gebieden is die afstand dikwijls veel groter.

De landverkenningen worden vanaf het schip met foto's genomen (in de vaart) of uit de hand getekend (stilliggend). In het eerste geval is het noodzakelijk de film zo spoedig mogelijk te ontwikkelen, een calque over de foto te leggen en de gegevens daarop over te nemen. De tekening op de calque wordt vervolgens zo nodig vergroot, terwijl men in elk geval de schaal in verticale richting  $\pm 1\frac{1}{2} \times$  zo groot neemt als in horizontale. Hierdoor wordt de gelijkenis vergroot. Vervolgens wordt, terwijl men met het schip nog ter plaatse is of daar terugkeert, de tekening verder geaccentueerd door contouren wat aan te dikken, alles zoals men met het oog waarneemt.

Indien geen daartoe geschikt fototoestel beschikbaar is, gaat men als volgt te werk. Van een groot aantal markante punten, welke men op de landverkenning wenst te geven, worden met sextant de horizontale hoeken gemeten t. o. v. een willekeurig nulpunt, dat links buiten het af te beelden gebied ligt; van die punten worden tevens de verticale hoeken (hoogten) gemeten.

De horizontale hoeken worden nu op een geschikte schaal op millimeterpapier uitgezet; de verticale eveneens, waarbij men de schaal  $1\frac{1}{2}$  maal zo groot neemt als de horizontale. Deze meest markante punten worden nu verder verbonden door inschetsen op het oog, waarbij men een zo natuurgetrouw mogelijk geheel tracht te krijgen, verduidelijkt door het aandikken van lijnen.

Schaduwen en tinten dient nagelaten te worden; de diepte in het beeld wordt aangegeven door het verloop der contouren, waaraan uiterste zorg dient besteed te worden. Hierbij zij men gedachtig aan het feit, dat het waargenomen visuele beeld zeer afhankelijk kan zijn van de belichting (zonnestand, bewolking) op het moment van het vervaardigen van de landverkenning; dit geldt uiteraard ook voor foto's.

De op het millimeterpapier „geconstrueerde” tekening wordt daarna in O. I. inkt op een calque overgebracht, welke geschikt moet zijn voor reproductie (niet te dunne lijnen).

Het geheel op zicht — d.w.z. zonder horizontale en verticale hoekmetingen — tekenen van landverkenningen is een kunst, welke slechts door zeer weinigen beheerst wordt. Dit moet dan ook ten sterkste worden ontraden, mede omdat het Bureau Hydrografie in een dergelijk geval niet over gegevens beschikt om de meetkundige juistheid van een dergelijke landverkenning te beoordelen.

Op de landverkenning moeten namen duidelijk vermeld worden, terwijl in een onderschrift nauwkeurig de positie moet zijn opgegeven van het punt, waar de

landverkenning gemaakt is. Dit kan door richting en afstand naar een op de tekening voorkomend kenbaar punt of door de geografische coördinaten plaats hebben.

Vanzelfsprekend mogen landverkenningen niet gevouwen worden bij verzending.

Ten behoeve van navigatie m. b. v. radar worden aan boord van het opnemingsvaartuig foto's genomen van het scherm van de P.P.I. Daarbij worden de kenmerkende bijzonderheden van het gebruikte radartoestel vermeld, zoals golflengte, diameter scherm en ingesteld schaalbereik. De radar van het opnemingsvaartuig moet daartoe in uitstekende conditie verkeren. Teneinde een zo volledig mogelijke controle te hebben op de waarde van de aldus verkregen radarverkenning, worden de foto's van het scherm in een zelfde standplaats genomen op meerdere dagen.

Radarverkenningen, landverkenningen en de op de zeekaart te tekenen topografie dienen zoveel mogelijk op elkaar afgestemd te zijn. Op dit gebied is nagenoeg nog geen practijk opgedaan, zodat in dit opzicht geen voorschriften gegeven kunnen worden.

## 11.4 Gebruik van niet door eigen metingen verkregen gegevens

### 11.4.1 Topografische kaarten

De algemene regel is, dat kustlijn en topografie t. b. v. de zeekaart door eigen waarnemingen worden bepaald. Slechts in uitzonderingsgevallen kunnen die gegevens overgenomen worden van topografische kaarten, welke op recente opnemingen berusten. Als voorbeeld wordt genoemd het overnemen van de kustlijn van de provincies Noord- en Zuid Holland en Zeeland; de kustlijn van de overige provincies verdient (1951) niet altijd voldoende vertrouwen en kan in het gunstigste geval slechts na eigen controle aanvaard worden.

Ten aanzien van uitgestrekte zandbanken (Noordvaarder en Boschplaat op Terschelling, losliggende banken in het Haringvliet e. d.) is de topografische kaart van Nederland niet „bij”; de begrenzingen van dergelijke banken moeten door de opnemer zelf bepaald worden.

Op de topografische kaarten van Indonesië is de kustlijn over het algemeen niet met voldoende nauwkeurigheid bepaald, om deze op de zeekaart over te kunnen nemen; de voor dat doel toegepaste kaarteringsmethoden lenen zich in een dicht begroeid gebied over het algemeen niet voor een nauwkeurige kustbepaling, waarin men bovendien slechts in beperkte mate geïnteresseerd is. Bedacht dient ook te worden, dat de kustlijn op topografische kaarten in sommige gevallen is overgenomen van of althans samengesteld met behulp van zeekaarten. Aangezien met een heropname juist een verbetering van de bestaande zeekaart beoogd wordt, dient men dus wel zeer voorzichtig te zijn in het overnemen van de kustlijn van een topografische kaart.

Indien de topografie van topografische kaarten berust op moderne kaarteringsmethoden, dan is de nauwkeurigheid zeker voldoende voor overname — via identieke punten — op de zeekaart. Er bestaan echter een aantal topografische kaarten, waarop de topografie ogenschijnlijk vrij gedetailleerd is aangegeven, doch waarvan de meetkundige nauwkeurigheid onvoldoende is. De opnemer dient zich hiervan tevoren op de hoogte te stellen bij de Topografische Dienst, althans in die gevallen, waarin de kaart zelf daaromtrent geen duidelijke gegevens bevat.

Het zonder meer overnemen van een topografie, waarvan de betrouwbaarheid op zichzelf niet vaststaat, is voor de zeekaart niet aan te bevelen. Voor visuele navigatie wordt met de zeekaart beoogd, slechts die details te geven, welke van uit zee gezien goede peilpunten opleveren, met weglating van voor dat doel overbodige en het kaartbeeld storende details. Ten behoeve van radarnavigatie moet het beeld van de topografie ongetwijfeld vollediger zijn dan voor visuele navigatie. Aangezien voor dat doel zeer steile hellingen in het algemeen de beste radarreflecties geven, lijkt een volledige overname van een (betrouwbare) topografie niet de gewenste oplossing. Op dit gebied is nog betrekkelijk weinig bekend en moet dus nog ervaring worden opgedaan, zodat nog geen algemene regels gegeven kunnen worden.

Wordt bij uitzondering de kustlijn overgenomen van topografische kaarten, dan dient men zich tevoren op de hoogte te stellen van het waterstandsvlak, waarvoor die kustlijn geldt.

In het hydrografisch rapport dient vermeld te worden welke gegevens uit andere bronnen dan eigen metingen op het minuutblad (bergenblad) zijn overgenomen, met vermelding van de uit eigen waarnemingen bepaalde punten voor de inpassing.

Sommige kleine kenbare terreinvoorwerpen, zoals alleen staande huizen, kunnen niet op de juiste schaal worden overgenomen; men gebruike de symbolen volgens Ned. krt. no. 1, waarbij het midden van het symbool de juiste plaats van het kenbare terreinvoorwerp aanduidt.

#### 11.4.2 Luchtfoto's

Luchtfoto's kunnen in bepaalde gevallen van dienst zijn voor het overnemen van details van de kustlijn. De mogelijkheden van het gebruik van luchtfoto's worden meer gedetailleerd besproken in hoofdstuk XIII.

## XII.

RADIOPLAATSBEPALING TEN DIENSTE VAN  
HYDROGRAFISCHE KAARTERING

## 12.1 Inleiding

De meetkundige grondslag voor een kaartering wordt gevormd door de terrestrische triangulatie; bij hydrografie bestaat de *detailkaartering* uit het bepalen van de kustlijn, de plaats van de dieptecijfers en in het algemeen van alle objecten, welke men op de zeekaart wenst aan te geven. Vanwege het vrije uitzicht op zee is de methode van Snellius (achterwaartse insnijding; three point fix) de meest gebruikelijke. In verband met het bewegelijke opstellingsvlak van de hoekmeter aan boord, worden de snelliushoeken met sextant gemeten. Deze betrekkelijk onnauwkeurige meetmethode kan geaccepteerd worden, omdat aan de detailplaatsbepaling geen hoge nauwkeurigheidseisen gesteld worden. In het algemeen gesproken gaan de eisen niet uit boven die van de bereikbare tekennauwkeurigheid, welke algemeen op 0,2 mm gesteld wordt, hetgeen op schaal 1 : 25.000 overeenkomt met 5 meter; vanwege de grote plaats welke een dieptecijfer inneemt, kan voor het kaarteren van de lodingen met nog lagere nauwkeurigheid volstaan worden. Ten aanzien van de nauwkeurigheidseisen speelt ook de schaal waarop de kaart zal worden uitgegeven een zekere rol, aangezien het minuutblad steeds meerdere malen verkleind wordt.

Een voordeel van de snelliusmethode is dat de fouten niet accumuleren, zoals b.v. bij een polygoonmeting of bij een triangulatie. In één enkele plaatsbepaling volgens deze methode behoeft men dus geen grotere nauwkeurigheid na te streven dan voor het tekenen van de kaart noodzakelijk geacht wordt.

De snelliusmethode en de triangulatie waarop zij steunt, zijn echter beperkt tot zichtwijdte, welke op haar beurt weer afhankelijk is van 1°. de hoogten boven zeeniveau van aangemeten punten en van de waarnemer, en 2°. de doorzichtigheid van de atmosfeer. De strook zeegebied waarin plaatsbepaling door hoekmeting kan plaats hebben, is zodoende variabel, doch in ieder geval van gelimiteerde afmeting.

Tot omstreeks 1945 diende men zich buiten die strook te behelpen met astronomische plaatsbepaling of — bij geringe diepten — met een net van verankerde drijfbakens; andere methoden, zoals R.A.R. (radio acoustic ranging) en Taut Wire Measuring Apparatus, werden tot nu toe bij de Nederlandse Hydrografie niet toegepast. In verband met anomalieën in de kimduiking en in de astronomische refractiekan de nauwkeurigheid van een met zorg met sextant bepaald stersbestek van meerdere hoogtelijnen gesteld worden op iets van de orde van 0,5 of rond 1000 meter, afgezien van schietloodafwijkingen. De nauwkeurigheid van de andere zo juist genoemde methoden is afhankelijk van velerlei factoren, doch op enigszins grote afstand van de wal is die zeker niet hoger.

Aangezien de methoden van plaatsbepaling, welke de zeeman vóór 1945 onder die omstandigheden — d.w.z. buiten zicht van de wal — ter beschikking stonden, zeker nog grover waren, kon met de bij de hydrografische kaartering bereikbare nauwkeurigheid genoeg genomen worden.

Deze situatie is echter veranderd door het sinds 1945 in steeds versneld tempo aan boord van schepen in gebruik komen van moderne radionavigatiesystemen, zoals b.v. Loran en Decca. Radionavigatiesystemen bevinden zich nog steeds in



een stadium van ontwikkeling; de in 1947 in Amerika gehouden 2e IMMRAN (International Meeting on Marine Radio Aids to Navigation) stelde de volgende desiderata vast.

### *Position Fixing Systems*

#### *Conclusion*

*Recommended* that development and adoption of equipment and systems for marine navigation should be guided by the following table of desired accuracies and available times for determination of position in relation tot the approximate distances off shore and/or depths of water under the keel.

| Function                                                 | General order of depth of water | Distance from nearest danger | Order of accuracy required                | Order of time available to obtain position |
|----------------------------------------------------------|---------------------------------|------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------|
| Aid to ocean navigation                                  | Over 100 fathoms                | Over 50 miles                | $\pm 1$ percent of distance               | 15 minutes                                 |
| Aid to approaching, coastal navigation and port approach | 100–20 fathoms                  | Between 50 and 3 miles       | $\pm \frac{1}{2}$ mile to $\pm 200$ yards | 5 minutes to $\frac{1}{2}$ minute          |
| Aid to harbour entrance                                  | Up to 20 fathoms                | Less than 3 miles            | $\pm 50$ yards                            | Instantaneous position and track required  |

The above recommendation is subject to the proviso that each area has its special characteristics and its own problems, which must receive special consideration within the general framework of the accuracies indicated above, and that, in evaluating specific systems for operational use, cognizance should be taken of other important factors such as proved reliability, search and rescue requirements, economic considerations, etc.

In verband met de bovenstaande eisen voor *navigatiesystemen* werd door de Nederlandse delegatie het volgende „statement” ingediend en door de Conferentie aangenomen:

1. It is recommended that such steps be undertaken by the Hydrographic Departments of all countries concerned, that nautical charts be sufficiently accurate to meet the requirements in the conclusion.
2. It is recommended that operational trials with precision position-fixing systems, suitable for all kinds of survey work, be continued.

Meerdere radionavigatiesystemen voldoen reeds thans aan de boven geformuleerde eisen, alhoewel voorlopig dikwijls nog slechts voor een beperkte — zij het betrekkelijk grote — werkingssfeer. Het laat zich aanzien, dat binnen weinige jaren voor het gehele zeeoppervlak technisch aan de door de IMMRAN gestelde eisen voldaan zal kunnen worden.

Bij het vaststellen van deze nauwkeurigheidseisen is terdege bezien of de mogelijkheid bestaat, dat men die eisen later weer hoger zal willen stellen. Algemeen

was men echter van mening, dat de scheepvaart nimmer enige behoefte zal hebben aan een nog verder opgevoerde nauwkeurigheid in de plaatsbepaling.

Hiermede staat tevens vast, welke nauwkeurigheid men bij een hydrografische kaartering dient na te streven. Men dient zich daarbij op het standpunt te stellen, dat de meetkundige nauwkeurigheid van de kaart minstens gelijk moet zijn aan de nauwkeurigheid welke de zeeman met de hem ten dienste staande moderne hulpmiddelen onder de gunstigste omstandigheden kan bereiken; ter vermindering van accumulatie van fouten dient de hydrografische plaatsbepalingsmethode bij voorkeur aan iets hogere nauwkeurigheidseisen te voldoen.

De nauwkeurigheid, bereikbaar met de vóór 1945 buiten zicht van land gebruikelijke hydrografische plaatsbepalingsmethoden is ten enenmale onvoldoende voor het samenstellen van een aan die eis voldoende zeekaart.

Precisie-uitvoeringen van sommige van de scheepsradionavigatiesystemen stellen de hydrografische opnemer echter in staat om een zeekaart samen te stellen, welke aan de genoemde moderne eisen voldoet. Slechts die systemen, welke geschikt zijn voor hydrografische toepassing, zullen in dit hoofdstuk besproken worden. Zuiver radiotechnische problemen zullen daarbij geheel onbesproken blijven en de behandeling zal zich beperken tot datgene, wat voor operationeel gebruik nodig is, terwijl ook op dat gebied slechts de hoofdzaken genoemd kunnen worden.

Voor alle te bespreken systemen geldt, dat de bediening van de aan boord opgestelde radio-ontvangers zeer eenvoudig is en nagenoeg geen voorafgaande oefening vereist. Voor de bediening van de zenders is echter speciaal opgeleid radiotechnisch personeel nodig. Er dient echter nadrukkelijk op gewezen te worden, dat de leider van de kaartering een juist begrip dient te hebben van de grondbeginselen waarop het door hem gebruikte systeem berust, omdat door een ondeskundige gebruiker onbewust vele en velerlei fouten gemaakt zouden kunnen worden.

De te behandelen systemen zijn Engelse of Amerikaanse uitvindingen en de oorspronkelijke literatuur daarover is uitsluitend in de Engelse taal verschenen. Daardoor hebben een betrèkkelijk groot aantal Engelse technische termen burgerrecht gekregen; aangezien een aantal van die termen bezwaarlijk in het Nederlands te vertalen is, zullen in die gevallen de Engelse termen gebruikt worden.

Met de te beschrijven radiografische of electronische kaarteringssystemen is plaatsbepaling met voldoende nauwkeurigheid mogelijk tot op afstanden van meerdere honderden kilometers van aan de wal opgestelde zenders; meer gedetailleerde gegevens worden in de volgende paragrafen vermeld. Deze systemen kunnen ook voor plaatsbepaling gebruikt worden in die gebieden, waarin men vroeger de plaats bepaalde volgens snelliusmeting, zodat het aantal triangulatiepunten belangrijk verminderd kan worden. De bereikbare nauwkeurigheid — hoewel voldoende voor het doel — is echter over het algemeen lager dan die van de snelliusmethode; laatstgenoemde blijft daarom aan te bevelen: 1°. als contròlemogelijkheid en 2°. in die gevallen, waarin hogere nauwkeurigheid inderdaad praktische waarde heeft.

Alle radioplaatsbepalingssystemen hebben hetzelfde grote voordeel als de snelliusmethode, nl. dat er geen accumulatie van fouten plaats heeft.

In geval men geheel vrij is in de keuze van een systeem, dan wordt Decca voor hydrografische kaartering het meest geschikte hulpmiddel geacht; de redenen, welke tot dit oordeel geleid hebben, worden genoemd in par. 12.12. In verband hier-

mede wordt Decca veel uitvoeriger behandeld dan de overige in dit hoofdstuk genoemde systemen. De algemene eigenschappen van de voortplanting van radiogolven worden afzonderlijk behandeld, waarbij echter tot op zekere hoogte de nadruk gelegd is op Decca-toepassingen.

De bespreking van de verschillende systemen kan in het bestek van dit boek niet volledig zijn en voor verdere details moet dan ook verwezen worden naar de literatuuropgave aan het einde van dit hoofdstuk.

In het algemeen kan gezegd worden, dat deze systemen buitengewoon grote mogelijkheden openen. Het aantal foutenbronnen is groot, doch bij deskundig en weldoordacht gebruik kan hun gezamenlijk effect binnen nauwe grenzen beperkt worden. Een voordeel van alle systemen is, dat de eigenlijke waarnemingen zonder noemenswaardige voorafgaande oefening verricht kunnen worden door niet-radio-technisch-geschoold personeel.

## 12.2 Voortplanting van radiogolven

### 12.2.1 Algemeen

Radiogolven zijn — evenals lichtgolven — electromagnetische trillingen. Zij hebben de algemene eigenschap, dat zij zich in het luchtledige rechtlijnig en met een constante snelheid  $c$  voortplanten. In de aardse atmosfeer is de voortplantingssnelheid ongelijk aan  $c$ , terwijl de voortplanting niet rechtlijnig plaats heeft; de in dat geval geldende voortplantingssnelheid  $V$  en de kromming der baan zijn zowel afhankelijk van de samenstelling der atmosfeer als van de frequentie  $f$  van de trilling.

De frequentie  $f$  wordt steeds opgegeven als het aantal trillingen per seconde. Onder de golflengte  $\lambda$  verstaat men de afstand tussen twee golf toppen. Bij een gelijkblijvende frequentie is de golflengte afhankelijk van de (niet onder alle omstandigheden gelijke) voortplantingssnelheid  $V$ . Het is dan ook juister de electromagnetische trillingen te onderscheiden naar hun frequentie dan naar hun golflengte. Het verband tussen golflengte, frequentie en voortplantingssnelheid wordt gegeven door de formule

$$\lambda = \frac{V}{f}. \quad (12.2.1a)$$

Voor de voortplanting van radiogolven in een aardse atmosfeer van normale samenstelling — aangeduid als de *standaardatmosfeer* — gelden de volgende vuistregels:

1. De kromming van de baan is sterker, naarmate frequentie lager is (golflengte groter).

Voorbeelden:

|                                |                                             |
|--------------------------------|---------------------------------------------|
| lichtgolven: kromtestraal baan | $\approx 7 \times$ aardstraal;              |
| centimeter- en metergolven:    | $\approx 6 \text{ à } 4 \times$ aardstraal; |
| hectometergolven:              | $\approx 3 \text{ à } 1 \times$ aardstraal; |
| kilometergolven:               | $\approx 1 \times$ aardstraal.              |

2. Reflecties treden op tegen voorwerpen met een afmeting van dezelfde orde van grootte of groter dan  $\lambda$ .

Analogie: door wind in een sloot veroorzaakte golven zullen rond een in het water geplaatste stok ( $< \lambda$ ) heen spoelen en niet merkbaar gereflecteerd worden;

een ongeveer loodrecht op de golfrichting in het water geplaatste plank ( $> \lambda$ ) zal de golven reflecteren en lij veroorzaken achter de plank.

3. De door de zender uitgestraalde energie neemt ongeveer af met het kwadraat van de afstand.

De uit deze regels volgende algemene conclusies zijn:

- Voor het overbruggen van grote afstanden zijn alleen de langere golven geschikt.
- Reflecties van aardse objecten kunnen alleen vermeden worden bij gebruik van lange golven.
- Reflecties van aardse voorwerpen kunnen alleen verkregen worden m. b. v. korte — of voor kleine voorwerpen zeer korte — golflengten (radar).
- Voor het overbruggen van grote afstanden is een sterke zender nodig.

Ten aanzien van *a* wordt opgemerkt, dat grote afstanden eveneens kunnen worden overbrugd met kortere golven, en wel door gebruik te maken van reflecties tegen de verschillende lagen van de ionosfeer; nadere bijzonderheden worden gegeven in par. 12.2.2.

### 12.2.2 Directe- en gereflecteerde golf

In fig. 12.1 is geïllustreerd, dat de directe golf (groundwave) A — kleine golflengte — het schip niet kan bereiken; de eveneens directe golf B — grote golflengte, dus sterke kromming — bereikt het schip daarentegen wel.

De directe weg is echter niet de enige, volgens welke de radiogolven zich voortplanten, aangezien die voortplanting in beginsel in alle richtingen plaats heeft.

De hogere luchtlagen zijn in meerdere of mindere mate geïoniseerd; deze ionisatie concentreert zich in niet scherp begrensde lagen, welke naar hun ontdekkers (1902) benoemd zijn als de Kennely-Heaviside lagen en welke — afgezien van de details — worden onderscheiden in de in fig. 12.2 aangegeven D, E,  $F_1$  en  $F_2$  lagen (samenfattend: de F-laag).

Deze geïoniseerde lagen hebben de eigenschap, dat zij onder een niet te steile hoek invallende radiogolven reflecteren. De reflectie heeft niet sprongsgewijs, doch

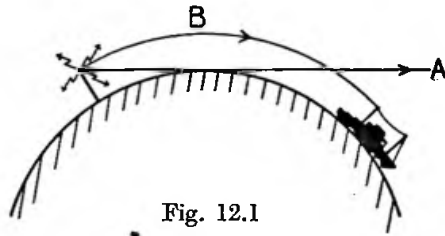


Fig. 12.1

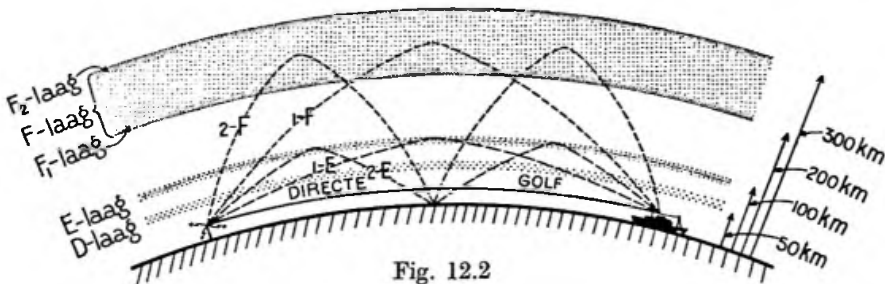


Fig. 12.2

geleidelijk plaats, zodat — mede in verband met veranderingen in de ionisatie-toestand — niet van een bepaald brekingspunt gesproken kan worden.

Globaal gesproken zullen golven van de orde van enkele kilometers ergens tussen de D- en de E-laag reflecteren; alleen de zeer steil invallende golven zullen die laag doorbreken en dan verder als regel ook niet door de hogere F-lagen gereflecteerd worden.

Golven met een lengte van enkele honderden meters tot enkele meters worden in hoofdzaak door de E-laag teruggekaatst en in mindere mate door de F-lagen.

Decimeter- en centimetergolven worden practisch niet gereflecteerd en breken door de lagen heen, onafhankelijk van de hoek van inval.

De wijze van terugkaatsing en de hoogte van het buigpunt zijn afhankelijk van de ionisatietoestand der lagen en deze laatste is in hoofdzaak een functie van de zonnestraling. De reflecties zijn zodoende over het algemeen niet constant en vertonen de sterkste schommelingen omstreeks zonsopkomst en zonsondergang, d.w.z. omstreeks de momenten waarop een sterke verandering optreedt in de intensiteit van de bestraling van de ionosfeer door de zon. Voor enkele nauw begrensde golflengten blijkt de reflectie echter een nagenoeg stabiel karakter te hebben gedurende het gehele etmaal, vooral als de hoek van inval klein is.

De reflecties kunnen enkel- of meervoudig zijn — zoals in fig. 12.2 is aangegeven — en worden aangeduid als de 1-E, 2-E, 3-E . . . en 1-F, 2-F, 3-F . . . reflecties (one E-hop, two E-hop . . .). Zij spelen een voorname rol in de radio-communicatie. Een bezwaar van de directe golf is nl. dat zij veel energie verliest, doordat zij langs het aardoppervlak strijkt; over zee is dit energieverlies minder, doch nog steeds belangrijk. De teruggekaatste golven daarentegen verliezen op hun weg veel minder energie, zodat met een bepaalde zenderenergie een grotere afstand overbrugd kan worden, hetgeen op grond van economische overwegingen uiterst belangrijk is. Van belang voor radiocommunicatie is slechts, dat voldoende energie de ontvanger bereikt, terwijl het van ondergeschikt belang is, welke weg wordt afgelegd.

Moderne radionavigatiesystemen berusten echter alle op de lengte van de door de radiogolf afgelegde weg. Voor zover dat betreft de directe weg (ground-wave) levert dit geen onoverkomelijke moeilijkheden op, doch langs indirecte weg (sky-wave) voortgeplante golven kunnen voor dit doel slechts gebruikt worden als de afgelegde weg bekend en constant is, hetgeen slechts voor weinige golflengten in voldoende mate het geval is.

Voor een zendenergie, zoals die voor de gebruikelijke radionavigatiesystemen wordt toegepast, zijn de sterkten van de ontvangen directe en indirecte golf *des nachts* ongeveer aan elkaar gelijk op afstanden variërende tussen 500 en 1000 kilometer; op kleinere afstanden overheerst de directe golf, op grotere afstanden de indirecte. De invloed van de sky-wave is echter reeds op veel kortere afstanden merkbaar, doch het practisch effect is verwaarloosbaar klein op afstanden onder de 100 kilometer. *Overdag* zijn de reflecties van de Heaviside-laag zeer veel zwakker en zijn de zo juist genoemde afstanden dus groter.

Evenals bij lichtstralen veroorzaken afwijkingen t. o. v. de standaardatmosfeer bepaalde abnormale brekingsverschijnselen, welke in hoofdzaak optreden in het verticale vlak door zender en ontvanger. De grootte van deze anomalieën is zowel afhankelijk van de grootte van de afwijkingen t. o. v. de standaardatmosfeer als van de golflengte. Bepaalde, betrekkelijk nauw begrensde, golflengten bezitten in

dit opzicht gunstige eigenschappen, in die zin, dat de abnormale brekingsverschijnselen gering zijn bij grote variaties in de meteorologische samenstelling van de atmosfeer.

### 12.3 Groepering van de systemen

De verschillende systemen kunnen worden onderscheiden in:

- I. systemen, waarbij men afstanden meet;
- II. systemen, waarbij men afstandverschillen meet;
- III. systemen, waarbij men een azimuth meet.

De standplaats van de waarnemer t. o. v. in coördinaten bekende zenders kan bepaald worden uit:

- 1. twee of meer afstanden;
- 2. twee of meer afstandverschillen;
- 3. twee of meer azimuths;
- 4. combinaties van de methoden I t/m III;
- 5. combinaties van de methoden I t/m III met langs andere weg (hoogtelijnen van hemellichamen, kompaspeilingen, e. d.) verkregen meetkundige plaatsen.

De methode III levert tot nu toe resultaten, welke slechts in uitzonderingsgevallen voldoende nauwkeurig zijn voor kaarteringstoepassingen.

Bij de onder I genoemde methoden maakt men meestal gebruik van door het waarnemende station uitgezonden zeer korte impulsen van radio-energie. Met behulp van een daartoe geschikt apparaat wordt ter plaatse van de waarnemer zowel het moment van uitzending van de impuls als het moment van ontvangst van de echo van een in coördinaten bekend punt geregistreerd. Uit het tijdsverloop tussen die twee indicaties en de bekende voortplantingssnelheid van de radiogolven volgt de afstand waarnemer—object. Dergelijke systemen worden *primair* genoemd als door het object gereflecteerde energie ontvangen wordt; die energie kan verhoogd worden door het object een gunstige vorm te geven (b.v. radar-reflectoren). De aldus terugontvangen energie is echter op enigszins grote afstand gering, hetgeen de nauwkeurigheid van de meting ongunstig beïnvloedt, terwijl tevens geen identificatiemogelijkheid van het object aanwezig is. Voor kaarteringsdoeleinden maakt men dan ook steeds gebruik van z.g. *secundaire* systemen. Op het punt waarvan men de afstand wil meten, wordt daartoe een z.g. antwoordbaken (responder-beacon) opgesteld; de van de waarnemer ontvangen impuls wordt door het baken opnieuw uitgezonden (al of niet op dezelfde golflengte), hetgeen zowel een identificatiemogelijkheid t. o. v. andere reflecterende objecten, als een veel sterkere „echo” oplevert. Een antwoordbaken werkt uiteraard met een zekere vertraging, doch deze kan bepaald worden en in rekening worden gebracht.

Primaire zowel als secundaire systemen leveren een *cirkelvormig* patroon van positielijnen.

Systemen in deze groep, welke in aanmerking komen voor kaarteringstoepassingen, zijn *Shoran* = *SHORt Range Air Navigation* (secundair) en *Radar* = *RADIO Detection And Ranging* (primair); zoals reeds is opgemerkt, zijn de kaarteringstoepassingen van Radar beperkt.

Scheepsnavigatiesystemen in deze groep zijn Radar (primair) en Racon (secundair).

Bij de onder II genoemde systemen heeft de waarnemer alleen een ontvang-apparaat tot zijn beschikking. De aan de wal opgestelde zenders kunnen: *a.* impulsen uitzenden en *b.* continue ongemoduleerde golven uitzenden; in beide gevallen moeten de uitzendingen op een bekende manier t. o. v. elkaar gesynchroniseerd zijn, op een wijze zoals in de betreffende paragrafen nader zal worden medegedeeld. De waarnemer registreert nu het tijdsverschil tussen de aankomst van de radiogolven van twee in coördinaten bekende zenders. Met de bekende voortplantingssnelheid is dit tijdsverschil te herleiden tot een afstandsverschil en dit laatste levert een *hyperbolische* positielijn.

Systemen in deze groep, welke in aanmerking komen voor kaarteringstoepassingen zijn *Decca* (continue ongemoduleerde golf = continuous wave) en *E.P.I.* = *Electronic Position Indicator* (impuls). Hoewel ter plaatse van de waarnemer tevens een zender is opgesteld, moeten de systemen *Raydist* = *RAY DIST*ance (continue golf) en *Lorac* = *Long Range AC*curacy (continue golf) tevens tot de categorie II gerekend worden, aangezien m. b. v. deze systemen uitsluitend afstandverschillen bepaald kunnen worden.

Scheepsnavigatiesystemen in deze groep zijn *Decca Navigator*, *Radux*, *Navaglobe*, *A-N-bakens*, *Consol* (alle continue golf), *Loran* = *Long Range Navigation* en *Gee* (beide impuls).

De onder III genoemde systemen leveren over het algemeen genomen geen voldoende nauwkeurigheid voor kaarteringstoepassingen en zullen om die reden in dit hoofdstuk niet besproken worden.

De enige radionavigatiesystemen welke strikt genomen onder deze groep vallen, zijn de *radiopeiling* = *D.F.* = *Direction Finding* (continue golf), de *Radar* en de *Rumark* = *RA*dar *MA*RKer, waarbij echter wordt opgemerkt, dat slechts een richtingsverschil bepaald wordt t. o. v. een via een kompas bekende azimuthale richting.

Met de navigatiesystemen *Navaglobe*, *A-N-baken* en *Consol* wordt een hyperbolische positielijn bepaald, welke echter op enigszins grote afstand tot de zenders bij benadering samenvalt met een grootcirkel.

#### 12.4 Beschikbare en bruikbare ruimte in het frequentiespectrum

Het gebruik van radio voor verschillende doeleinden heeft reeds lange tijd een zodanige omvang aangenomen, dat een verdeling der beschikbare frequenties noodzakelijk is. Deze verdeling wordt geregeld door organen, welke ressorteren onder de *I.T.U.* = *International Telecommunications Union*. Deze verdeling is zeer moeilijk, omdat voor verschillende toepassingen uiteenlopende eisen gesteld worden en omdat de beschikbare ruimte kleiner is dan vraag naar frequenties. In het algemeen streeft men bij die verdeling naar zenders met zo klein mogelijke bandbreedte en zo gering mogelijke energie; het laatste opent de mogelijkheid om dezelfde frequentie toe te kennen aan gebruikers in meerdere gebieden. Het gebruik van een radiofrequentie is slechts toegestaan na vergunning van de nationale regering (*P.T.T.*), welke van de *I.T.U.* bepaalde frequenties ter nadere verdeling krijgt toegewezen.

In het algemeen gesproken bestrijken impulssystemen een brede band en continuus wave-systemen een smalle. Uit dien hoofde verdienen laatstgenoemde

dus de voorkeur en aangezien uit een oogpunt van werkingsgebied en nauwkeurigheid aan deze systemen ook belangrijke voordelen verbonden zijn, is te verwachten, dat de toekomstige ontwikkeling van radionavigatiesystemen zal zijn in de richting van het gebruik van continue (al of niet gemoduleerde) golven.

Tot het gebied van de radiogolven worden gerekend alle electromagnetische trillingen, waarvan de periode (cycle = c) ligt tussen  $10^4$  en  $3 \times 10^{12}$  per seconde. De volgende afkortingen worden gebruikt:

$10^3$  c/s = 1 kilocycle/sec = 1 kc/s (= 1 kiloHertz);

$10^6$  c/s = 1 Megacycle/sec = 1 Mc/s (= 1 MegaHertz).

Alle frequenties t/m  $3 \times 10^7$  (30.000 kc/s) worden uitgedrukt in kilocycles; hogere frequenties worden steeds uitgedrukt in Megacycles.

De internationaal aangenomen algemene groepsindeling van frequentiebanden is de volgende:

| Onderverdeling                 | Begrenzing               | Metrische<br>onderverdeling |
|--------------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| VLF (Very Low Frequency)       | onder 30 kc/s            | myriameter-golven           |
| LF (Low Frequency)             | 30 tot 300 kc/s          | kilometer-golven            |
| MF (Medium Frequency)          | 300 tot 3.000 kc/s       | hectometer-golven           |
| HF (High Frequency)            | 3.000 tot 30.000 kc/s    | decameter-golven            |
| VHF (Very High Frequency)      | 30.000 kc/s tot 300 Mc/s | meter-golven                |
| UHF (Ultra High Frequency)     | 300 tot 3.000 Mc/s       | decimeter-golven            |
| SHF (Super High Frequency)     | 3.000 tot 30.000 Mc/s    | centimeter-golven           |
| EHF (Extremely High Frequency) | 30.000 tot 300.000 Mc/s  | millimeter-golven           |

De frequenties, welke op de internationale conferentie van de I.T.U. (Atlantic City 1947) voor scheepsradionavigatiesystemen (inclusief kaarteringssystemen) beschikbaar werden gesteld, zijn:

|             |      |                          |
|-------------|------|--------------------------|
| 10—14       | kc/s |                          |
| 70—72       | „    | Decca                    |
| 84—86       | „    | Decca                    |
| 90—110      | „    |                          |
| 126—129     | „    | Decca                    |
| 285—325     | „    | radiobakens              |
| 405—415     | „    | radiopeiling             |
| 1800—2000   | „    | Loran                    |
| 2625—2650   | „    |                          |
| 585—610     | Mc/s |                          |
| 2900—3300   | „    | { 3000—3246 scheepsradar |
|             |      | { 3246—3266 racon        |
| 3300—3900   | „    |                          |
| 5250—5650   | „    |                          |
| 8500—9800   | „    | { 9300—9320 racon        |
|             |      | { 9320—9500 scheepsradar |
| 9800—10.000 | „    |                          |



Radionavigatiesystemen t. b. v. de luchtvaart zijn ten dele hierbij inbegrepen, doch hebben daarnaast ook nog andere frequentiebanden toegewezen gekregen; weerberichtdiensten zijn ten dele ook in bovengenoemde banden ondergebracht.

Voor zuivere communicatiedoeleinden — telegrafie en telefonie — zijn andere banden toegewezen.

Het Consol-systeem werkt in een aan de luchtvaart toegewezen band.

Met toestemming van de nationale regering zal het in uitzonderingsgevallen mogelijk zijn ook van andere frequenties gebruik te maken; de leidende gedachtengang bij het verlenen van een dergelijke toestemming is de eis, dat andere radioverbindingen niet gestoord mogen worden.

Als voorbeelden van de ruimte, welke bepaalde systemen in de aether *binnen hun werkingsgebied* in beslag nemen (bandbreedte) worden genoemd:

*Loran* (per 24 zenders, d. i. 8 chains): 150.000 à 10.000 cycles, afhankelijk van de afstand;

*Decca* (per 24 zenders, d. i. 6 chains): 9000 cycles, onafhankelijk van de afstand en verdeeld over 4 banden; (per chain): 800 cycles, onafhankelijk van de afstand en verdeeld over 4 banden.

Daarbij moet nog worden opgemerkt, dat de Decca-zenders werken in een band, waarin de vraag naar frequenties minder groot is dan in de band, waarin behalve de Loran-zenders ook nog vele communicatie- en omroepstations werken.

Wat betreft de bruikbaarheid van verschillende frequenties voor precisiewerk zullen slechts enkele korte opmerkingen gemaakt worden, aangezien dit onderwerp zeer veel omvattend is en in dit hoofdstuk niet in detail besproken kan worden.

De hoofdzaken zijn, dat voor nauwkeurige tijd- of tijdsverschilmetingen (dus afstanden) korte impulsen nodig zijn. Voldoend korte impulsen kunnen slechts geproduceerd worden op een korte golflengte en deze heeft — althans op zeeniveau — het nadeel van een tot ongeveer zichtwijde beperkt werkingsgebied (zie fig. 12.1). Korte golven hebben bovendien het nadeel van de mogelijkheid van reflecties, waardoor onzekerheid kan ontstaan over de tussen zender en ontvanger afgelegde weg, terwijl de voortplantingseigenschappen als regel ongunstig beïnvloed worden door meteorologische factoren, d.w.z. afwijkingen t. o. v. de standaardatmosfeer. Een niet te onderschatten voordeel is echter, dat de zendenergie (niet de energie op het korte moment van de impulsen) vrij gering kan zijn, de antennes klein — meestal  $= \frac{1}{2}\lambda$  — en de totale installatie daardoor van betrekkelijk kleine omvang en gewicht.

Lange golven hebben daarentegen het voordeel van een zeer groot werkingsgebied (ook op zeeniveau), geringe kans op reflecties en — bij gunstig gekozen golflengte, zoals bij Decca — geringe gevoeligheid t. o. v. meteorologische fluctuaties. Daartegenover staat het nadeel van grote antennes en een nagenoeg uitsluitend daardoor grotere totale omvang en gewicht. De uitgestraalde energie is betrekkelijk gering — van de orde van 600 Watt voor een Decca survey-zender en 1 à 2 kW voor een navigatiezender —, doch de op te wekken, dus totaal benodigde, energie is vele malen groter, omdat de antennelengte of -hoogte slechts een fractie kan zijn van de golflengte. Het rendement is dus niet zo groot, doch dit kan niet als een overwegend bezwaar worden beschouwd.

De eigenschappen van de verschillende golflengten zullen nog nader ter sprake komen bij de behandeling van de diverse systemen.

## 12.5 Decca Survey System

### 12.5.1. Schematische beschrijving van de werking

#### 12.5.1.1 Enkele definities

De hier te noemen begrippen worden geïllustreerd in fig. 12.3.

Onder *phase* verstaat men de grootte, welke aangeeft in welk stadium een periodiek verschijnsel — zoals b.v. een trilling, een wisselstroom, een partiele getijgolf, een radiogolf — zich bevindt. De phase wordt veelal uitgedrukt als een hoek  $\Phi$ ,

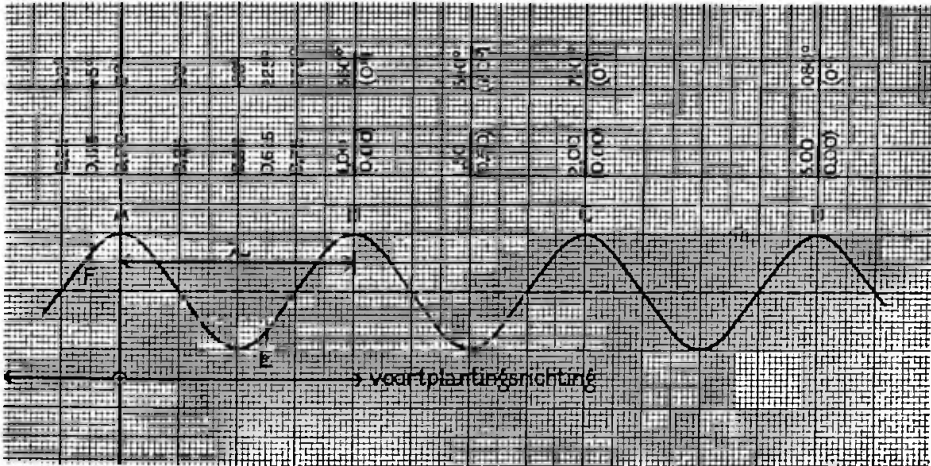


Fig. 12.3

waarbij een complete *periode* (cycle) gelijkgesteld wordt aan  $360^\circ$ ; de phase kan ook uitgedrukt worden als een decimale of gewone breuk, waarbij een complete periode gelijkgesteld wordt aan de eenheid.

De phase wordt geteld in de richting van voortplanting van de golf.

|                                                            |                           |
|------------------------------------------------------------|---------------------------|
| In A: $\Phi = 0^\circ$ ;                                   | of: $\Phi = 0,00$ .       |
| In B: $\Phi = 360^\circ = 0^\circ + 1 \times 360^\circ$ ;  | of: $\Phi = 1,00$ (0,00). |
| In C: $\Phi = 720^\circ = 0^\circ + 2 \times 360^\circ$ ;  | of: $\Phi = 2,00$ (0,00). |
| In D: $\Phi = 1080^\circ = 0^\circ + 3 \times 360^\circ$ ; | of: $\Phi = 3,00$ (0,00). |
| In E: $\Phi = 225^\circ$ ;                                 | of: $\Phi = 0,625$ .      |
| In F: $\Phi = 45^\circ$ ;                                  | of: $\Phi = 0,125$ .      |

In een onveranderlijk waarnemingspunt verandert de phase van een zich met constante snelheid voortplantende golf voortdurend van  $0^\circ$  via  $270^\circ \dots 180^\circ \dots 90^\circ \dots$  tot  $0^\circ$ .

Onder *golflengte* ( $\lambda$ ) verstaat men de afstand tussen twee opvolgende golftoppen; de golflengte wordt gewoonlijk uitgedrukt in meters.

Onder *frequentie* ( $f$ ) verstaat men het aantal golftoppen per eenheid van tijd; de frequentie wordt steeds uitgedrukt in golftoppen of perioden per tijdseconde.

### § 12.5.1.1

De *voortplantingssnelheid* ( $V$ ) is gelijk aan de door een golftop in 1 tijdseconde afgelegde weg.

Het verband tussen  $\lambda$ ,  $V$  en  $f$  wordt gegeven door de reeds in par. 12.2.1 vermelde formule:

$$\lambda = \frac{V}{f}.$$

### 12.5.1.2 *Het principe*

Het systeem werd gedurende de 2de wereldoorlog ontwikkeld door radio-ingenieurs van de bekende Engelse fabriek van gramfoonplaten DECCA en ontleent daaraan zijn naam.

Het survey system berust op geheel dezelfde beginselen als het ten dienste van scheeps- en vliegtuignavigatie gebruikte Decca Navigator System; het kenmerkende verschil is slechts daarin gelegen, dat de zendenergie van het kaarteringssysteem geringer is en dat het een precisie-uitvoering is van het navigatiesysteem.

Met vermindering van radiotechnische details kan het principe als volgt verklaard worden.

Twee zenders M en S — fig. 12.4 — zenden continue ongemoduleerde golven uit. Eenvoudigheidshalve zal eerst verondersteld worden:

- a. dat de beide zenders op gelijke golflengte  $\lambda$  werken;
- b. dat de beide golven in M en in S gelijktijdig in dezelfde phase  $\Phi$  verkeren;
- c. dat de aarde beschouwd mag worden als een plat vlak;
- d. dat de zenders en de waarnemer zich bevinden in het onder c genoemde platte vlak.

Fig. 12.4 is getekend voor een tijdstip, waarop zowel in M als in S de phase van beide golven  $0^\circ$  is. De op onderlinge afstand  $\lambda$  ( $= 1$  cm in de figuur) rond M en S getrokken concentrische cirkels geven de meetkundige plaatsen van alle punten, waarin op het bedoelde tijdstip de golven in de phase  $0^\circ$  verkeren. Voor de snijpunten van die cirkels geldt bovendien dat het *phaseverschil*  $0^\circ$  is.

De door de snijpunten der cirkels getrokken strokende krommen vormen een stelsel van confocale hyperbolen, aangezien blijkens de figuur ieder punt van een dergelijke kromme voldoet aan de voorwaarde, dat het verschil in afstanden tot de beide brandpunten — dat zijn de zenders M en S — constant is. Als het verschil in afstanden constant is, moet uiteraard ook het phaseverschil constant zijn, zodat iedere in fig. 12.4 getekende hyperbool de meetkundige plaats is van alle punten, waarin het phaseverschil  $0^\circ$  is.

Voorbeelden zijn de punten  $W_1$  en  $W_2$ ; op het moment waarvoor de tekening geldt, verkeren zowel de M- als de S-golf in het punt  $W_1$  in de phase  $281^\circ$ , terwijl in het punt  $W_2$  beide in de phase  $98^\circ$  verkeren.

De als cirkels getekende golffronten breiden zich met een snelheid  $V$  ( $\approx 3 \times 10^8$  m/sec) uit. Indien men dus de figuur zou tekenen voor een iets later tijdstip, dan zouden alle cirkels zich een gelijk bedrag naar buiten verplaatst hebben; uit de figuur is gemakkelijk in te zien, dat daarmede de ligging van de oorspronkelijke hyperbolen niet verandert, vooropgesteld dat de oorspronkelijke wijze van synchronisatie (de onder b genoemde veronderstelling) van de beide zenders niet gewijzigd is. De zender M is het hoofdstation of *Master*. De wijze waarop het station S

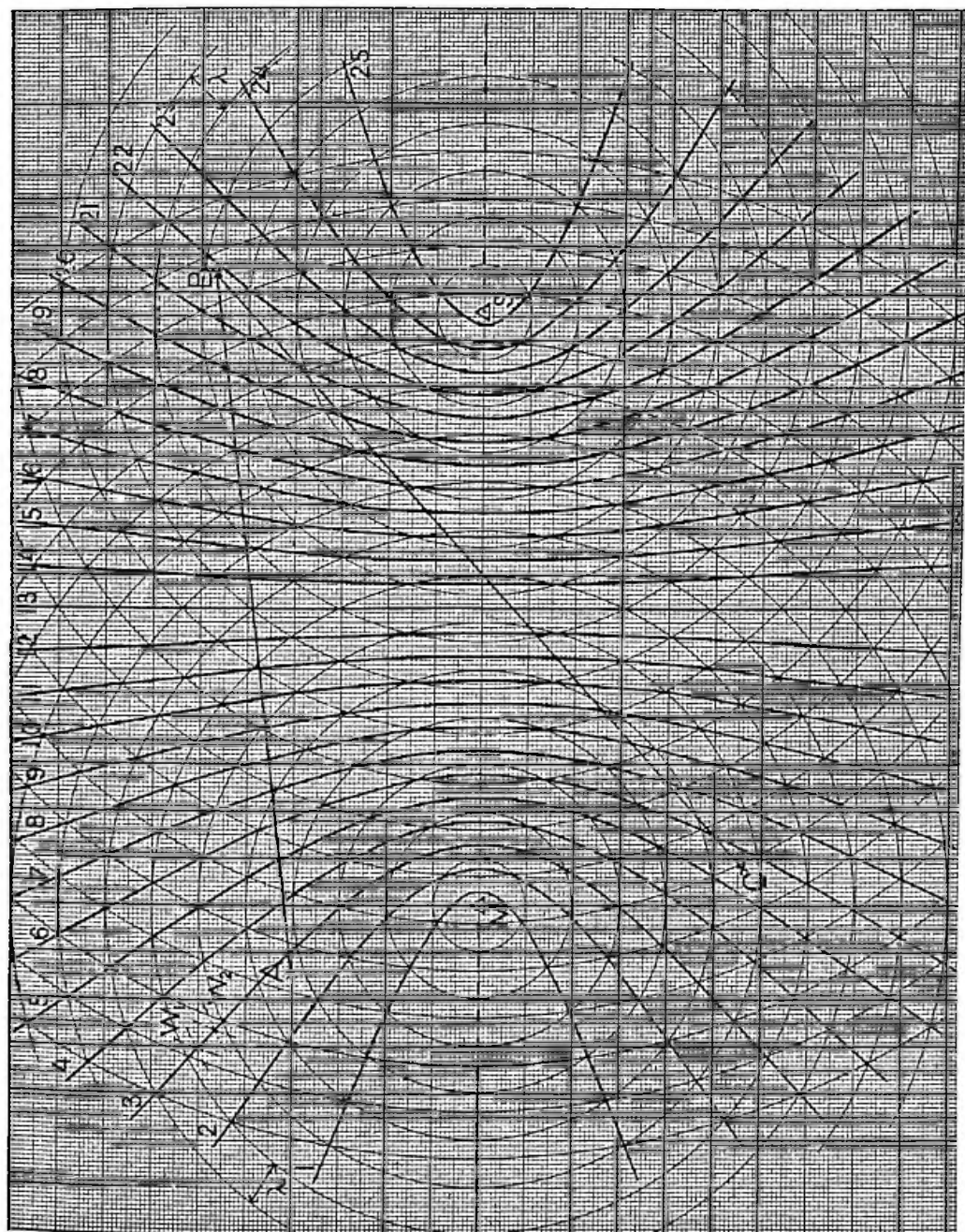


Fig. 12.4

met de Master gesynchroniseerd wordt, bepaalt de ligging van de hyperbolen, immers, een andere synchronisatie dan in fig. 12.4 verondersteld is, zou alle rond S getekende cirkels een gelijk bedrag doen verschuiven. De zender S wordt daarom het volgstation of *Slave* genoemd.

In de figuur zijn slechts de hyperbolen met phaseverschil =  $0^\circ$  als volle lijnen getekend. Men zou echter bovendien de hyperbolen kunnen tekenen voor phaseverschillen om de  $1^\circ$  of om de  $\frac{1}{100}$  cyclus =  $3^\circ,6$ ; teneinde de figuur niet te overladen, is dit echter niet geschied.

De strook tussen 2 hyperbolen met phaseverschil =  $0^\circ$  noemt men een *lane*. Aan iedere 0-hyperbool wordt een doorlopend nummer toegekend (zie fig. 12.4); de overige — in de figuur niet getekende — hyperbolen met phaseverschil  $\neq 0^\circ$  worden als decimale breuk genummerd, b.v. 8,23.

Indien dus de synchronisatie van M en S op een willekeurig, doch constant blijvend bedrag gehandhaafd wordt, dan zullen de beide zenders een patroon van (onzichtbare) hyperbolen produceren, ieder met een constant phaseverschil. Opgemerkt wordt, dat het aantal 0-hyperbolen in werkelijkheid meestal veel groter is dan in fig. 12.4 is aangegeven; in vele gevallen is dit aantal van de orde van 200 of 300, doch kan voor speciale toepassingen zowel groter als kleiner zijn. De ligging van de hyperbolen — ook die met een phaseverschil  $\neq 0$  — kan berekend worden als de coördinaten van M en van S en de golflengte bekend zijn; de aldus berekende hyperbolen kunnen daarna in kaart gebracht worden.

De waarnemer wordt nu uitgerust met een speciaal radio-ontvangtoestel, waarmede phaseverschillen gemeten kunnen worden. De radiotechnische beperking van een dergelijk apparaat is, dat daarmede slechts phaseverschillen tussen  $0^\circ$  en  $360^\circ$  gemeten kunnen worden, doch geen veelvouden van  $360^\circ$ . Het toestel is dus te beschouwen als een nonius op het in fig. 12.4 getekende hyperbolische patroon. Indien de ontvanger zich bevindt op een der getekende hyperbolen, dan wordt een phaseverschil van  $0^\circ$  gemeten; ergens tussen die hyperbolen, dus ergens binnen één van de lanes, wordt het daar ter plaatse geldende phaseverschil gemeten. Zonder meer zou er dus geen mogelijkheid zijn om te constateren op welke 0-hyperbool of binnen welke lane de waarnemer zich bevindt.

Het door de Decca-ontvanger gemeten phaseverschil wordt aangegeven op een z.g. *decometer*, zijnde een wijzerplaat, waarop een verandering in phaseverschil van  $360^\circ$  wordt aangegeven door één omwenteling van een wijzer op een verdeelde cirkelvormige schaal, op dezelfde wijze als een minuutwijzer van een klok één omwenteling maakt in een uur. De schaal van deze decometer is verdeeld in 100 delen, zodat 1 schaaleenheid overeenkomt met een verandering in phaseverschil van  $\frac{1}{100}$  cyclus of  $3^\circ,6$ . De decometer wordt zodanig geregeld, dat een phaseverschil van 0 overeenkomt met een schaaflaflizing 0 (analogie: het nul maken van de indexcorrectie van een sextant). Op iedere 0-hyperbool zal deze wijzer dus 0 aanwijzen en ergens binnen een lane zal het phaseverschil worden aangegeven in honderdste delen van een cyclus.

Op de draaiingsas van de genoemde wijzer is bovendien een tweede wijzer bevestigd; de aflezing van die tweede wijzer geschiedt op een schaal, welke concentrisch is met de eerstgenoemde cirkelvormige schaal. De tweede wijzer is op

soortgelijke wijze aan de eerste gekoppeld als de uurwijzer van een klok aan de minuutwijzer; de overbrenging is bij Decca 1 op 24 (of in nader te noemen gevallen 1 op 18 of 1 op 30). De tweede wijzer zal dus 1 omwenteling volbrengen tegen 24 van de eigenlijke phaseverschil-wijzer; de bijbehorende schaal is in 24 delen verdeeld, zodat 1 schaaleenheid overeenkomt met 1 omwenteling van de eerstgenoemde wijzer. Fig. 12.5 geeft een afbeelding van een combinatie van 2 dergelijke decometers; de aflezing van de linkse is 15,27 en van de rechtse 40,82.

De tweede wijzer is klemmend rond de as van de eerste geschoven en kan desgewenst verzet worden (van de eerste wijzer kan alleen de „indexcorrectie” nul gemaakt worden). Indien de navigator voorzien is van kaarten waarop het door de zenders uitgezonden hyperbolische patroon is gedrukt, dan kan een van een bekend punt A (fig. 12.4) vertrekkend schip of vliegtuig de tweede wijzer met de hand instellen op de schaalverdeling 2 en de eerste wijzer zal dan automatisch 0,71 aanwijzen, zodat de volledige aflezing bedraagt 2,71. Doordat de tweede wijzer het aantal omwentelingen van de eerste aangeeft (op dezelfde wijze als een kilometer-teller, een klok of een gasmeter); zal de aflezing in B aangekomen 21,89 bedragen. Aangezien de decometer zowel in + als in — richting integreert, zal de aanwijzing in C 5,48 bedragen.

Indien dus slechts de *lane* van afvaart bekend is, zal de decometer overal in het patroon het juiste *lanenummer* (hyperboolnummer) tot in honderdsten van lanes aangeven. Hierbij is verondersteld, dat èn zenders èn ontvanger ononderbroken foutloos functionneren. De praktijk heeft aangetoond, dat de kans op storingen in een survey system zó gering is, dat geen behoefte bestaat aan een afzonderlijk radiotechnisch hulpmiddel om het juiste nummer van de *lane* te controleren; hierbij wordt opgemerkt, dat de juiste werking van de eigenlijke phaseverschilmeter wel gecontroleerd kan worden.

Bij een in continu 24-uurs bedrijf zijnd *navigatiesysteem* is de kans op storingen groter, hoewel zij ook daar uiterst zelden voorkomen. In tegenstelling met kaarterings-toepassingen kan zich bij de normale navigatie bovendien het geval voordoen, dat de gegiste plaats van de waarnemer niet met voldoende nauwkeurigheid bekend is op een punt waar het schip of vliegtuig het werkingsgebied binnenkomt, zodat de *lane*-wijzer niet op het juiste bedrag kan worden ingesteld. Om die redenen wordt bij het navigatiesysteem tevens een hulpsysteem van *lane identification* toegepast. Aangezien aan een dergelijk hulpmiddel bij een kaarteringssysteem geen behoefte bestaat, wordt voor de werking van de *lane* identificatie verwezen naar leerboeken over radionavigatiesystemen (zie no. 14 van de literatuurlijst aan het einde van dit hoofdstuk); hier zij slechts opgemerkt, dat de genoemde verhoudingen 1 : 24, 1 : 18 en 1 : 30 daarmede verband houden.

Men dient bij het Decca-systeem de volgende hoofdzaken te onderscheiden:

- I. Twee zenders produceren een onzichtbaar en onveranderlijk patroon van hyperbolen met constant phaseverschil.
- II. De Decca ontvanger meet het phaseverschil in het onder I genoemde patroon en geeft dat aan op een decometer.
- III. Het in I genoemde patroon kan berekend worden en op een zee- of landkaart worden gedrukt; dit *kaartpatroon* (chart lattice) is de afbeelding van het door de zenders geproduceerde onzichtbare patroon.

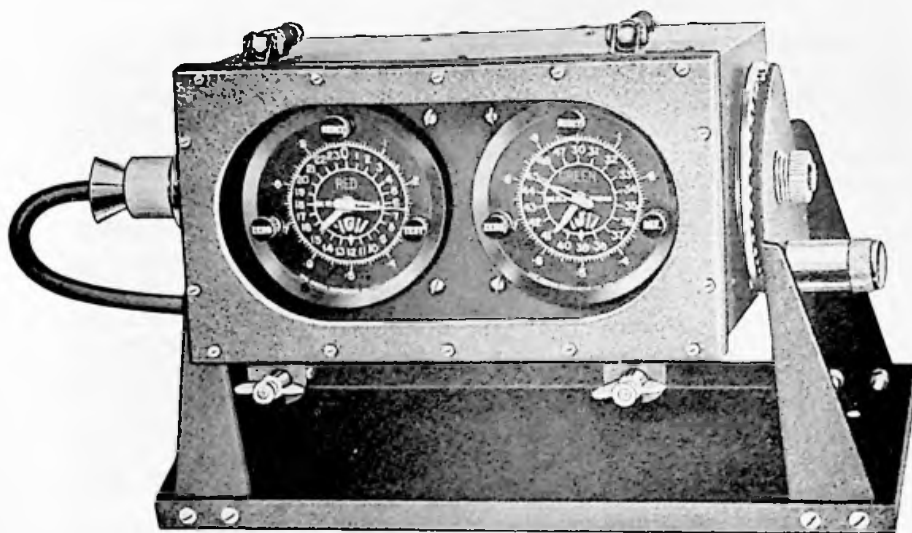


Fig. 12.5

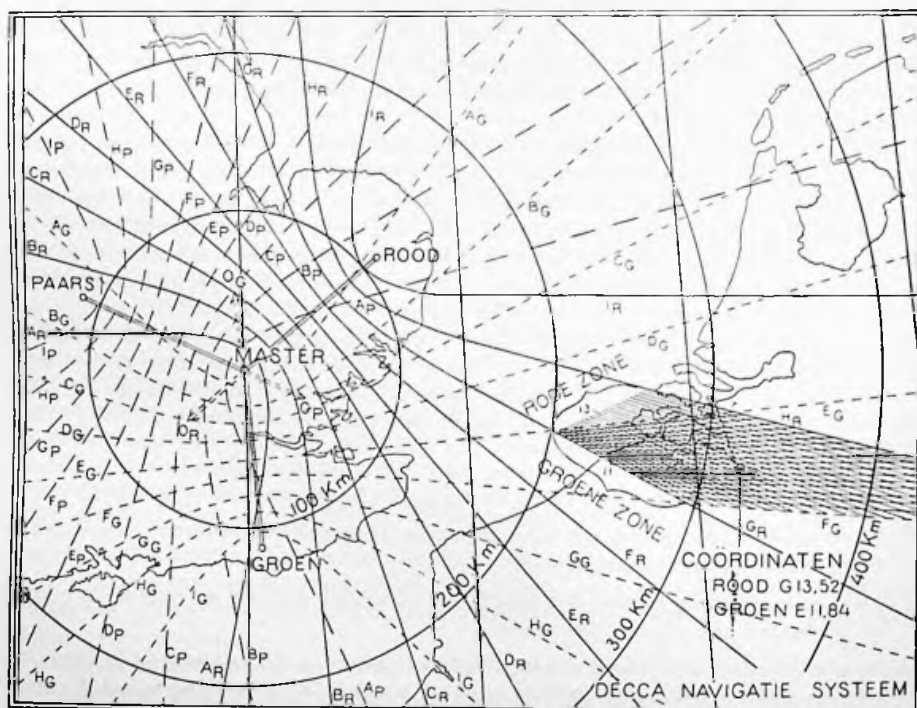


Fig. 12.6

IV. De decometeraflezing geeft het nummer van de corresponderende kaarthyperbool en stelt de waarnemer dus in staat een hyperbolische positielijn in de kaart aan te geven.

Fig. 12.6 geeft een combinatie van 3 Slaves met 1 gemeenschappelijke Master. Een dergelijke combinatie noemt men een 3-Slave Chain; voor kaarteringstoepassingen kan meestal volstaan worden met een 2-Slave Chain. Ter onderscheiding wordt de éne aangeduid als *Red Slave* (R), de tweede als *Green Slave* (G) en de derde als *Purple Slave* (P); de bijbehorende hyperbolische patronen worden aangeduid als het *rode patroon* (red lattice), het *groene patroon* (green lattice) en het *paarse patroon* (purple lattice). De berekende patronen worden in de corresponderende kleuren op de kaarten gedrukt en de decometers worden in dezelfde kleuren benoemd. De combinatie van tenminste 2 hyperbolen geeft de standplaats van de waarnemer; de plaats van de waarnemer binnen het werkingsgebied van de zenders (coverage) bepaalt de keuze van de combinatie met het oog op een zo gunstig mogelijke snijdingshoek der hyperbolen. De hoek waaronder zij elkaar snijden, wordt uiteraard mede bepaald door de lengte van de *basislijnen* M—R, M—G en M—P en door de hoeken waaronder die lijnen elkaar snijden in M; een ideale verdeling van de snijdingshoeken in een „all round coverage” wordt verkregen bij basislijnen van gelijke lengte en hoeken in M van  $120^\circ$ .

Overeenkomstig de reeds genoemde overbrenging in de decometers van 1 : 24 (voor rood), 1 : 18 (voor groen) en 1 : 30 (voor paars), worden de 0-hyperbolen niet doorlopend geteld, doch in groepen van resp. 24, 18 en 30; iedere groep vormt een *zone*.

Voor het rode patroon wordt de nummering  $A_0, A_1 \dots A_{23}, B_0, B_1 \dots B_{23}, C_0 \dots$  enz. gebruikt. In het groene patroon begint men te tellen bij 30, zodat daarin de nummering  $A_{30}, A_{31} \dots A_{47}, B_{30}, B_{31} \dots B_{47}$  enz. gebruikt wordt. In het paarse patroon begint men bij 50 te tellen, dus  $A_{50} \dots A_{79}, B_{50} \dots$  enz. De nummers op de schaalverdelingen van de decometers zijn in overeenstemming met bovenstaande nummering en de bij de zone behorende letter wordt aangegeven in een venstertje (fig. 12.5); de schaal van de letters wordt aangedreven door een corresponderende tandwieloverbrenging van de wijzers van de decometers. Deze nummering heeft een bepaalde betekenis in verband met de lane identification en geeft bovendien een controle bij het opgeven van de kleur waarop een decometeraflezing betrekking heeft; immers een aflezing van b.v. G 15,27 moet noodzakelijkerwijze rood zijn en een aflezing van b.v. J 40,82 (fig. 12.5) kan alleen betrekking hebben op het groene patroon.

In fig. 12.6 zijn in het gebied waarin Antwerpen ligt, alle 0-hyperbolen getekend; de decometers verdelen iedere tussenruimte (lane) nogmaals in 100 delen.

Bij een navigatie-ontvanger zijn de decometers ongeveer gelijk aan die van fig. 12.5, met dien verstande, dat er 3 decometers zijn en bovendien nog een lane identification meter.

### 12.5.1.3 Werkwijze van zenders en ontvanger

In par. 12.5.1.2 is onder a eenvoudigheidshalve verondersteld, dat beide zenders op gelijke golflengte werken; in werkelijkheid werken zij echter op verschillende golflengten. Het ontvangtoestel moet nl. van de M & R (resp. M & G of M & P) golven het faseverschil meten en moet daartoe die beide golven van elkaar kunnen



onderscheiden, hetgeen niet mogelijk is als hun golflengte gelijk is. Dit probleem wordt bij Decca opgelost op de wijze, zoals in fig. 12.7 voor een 2-slave chain is aangegeven.

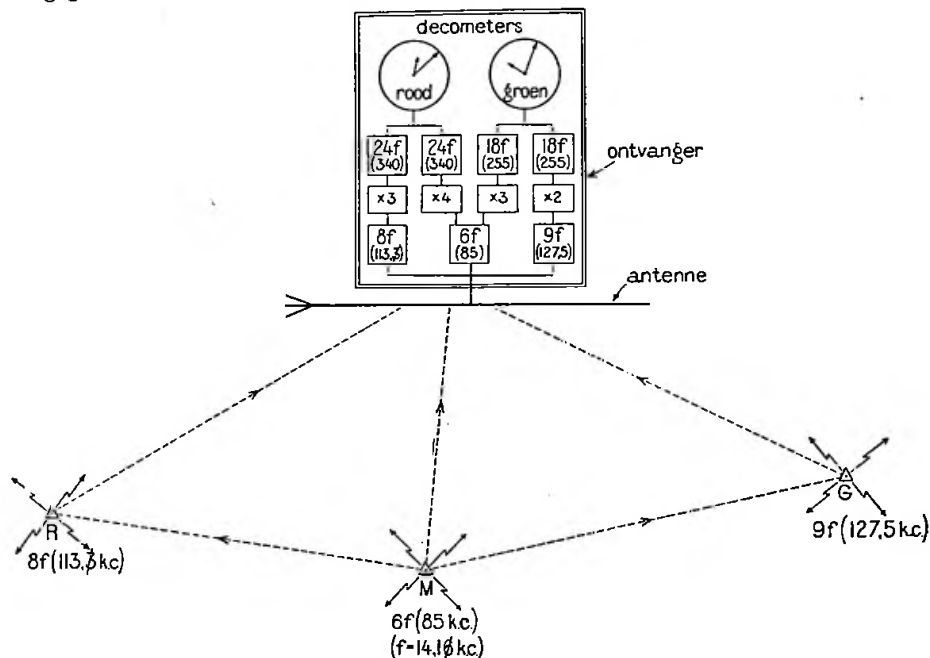


Fig. 12.7

De frequentie van M is gelijk aan  $6f$ , die van R is  $8f$  en van G is  $9f$  (voor een derde slave P is de frequentie  $5f$ ). Deze verhoudingen  $6 : 8 : 9 : 5$  zijn kenmerkend voor het Decca systeem. Voor de *basisfrequentie*  $f$  (basic frequency) wordt een getal genomen in de buurt van  $14$  kc/s. Deze basisfrequentie varieert van chain tot chain een bedrag van enkele honderden cycles; in het voorbeeld van fig. 12.7 (English Chain) is  $f = 14,18$  kc/s.

De door M uitgezonden golf breidt zich in alle richtingen uit (alzijdig; omnidirectional). In R is een ontvanger opgesteld, afgestemd op  $6f$ ; na ontvangst wordt die frequentie vermenigvuldigd met een factor  $\frac{4}{3}$  en wordt door R alzijdig uitgezonden op de frequentie van  $\frac{4}{3} \times 6f = 8f$ . De door M uitgezonden  $6f$ -golf wordt eveneens in G opgevangen, doch daar heruitgezonden na vermenigvuldiging met een factor  $\frac{3}{2}$ , d.w.z. op een frequentie van  $\frac{3}{2} \times 6f = 9f$ .

De ontvangerantenne is gekoppeld aan een ontvanger met 3 ontvangkanalen, afgestemd op  $6f$  voor ontvangst van de Master,  $8f$  voor R en  $9f$  voor G, d.w.z. in dit geval resp. op  $85,113$  en  $127,5$  kc/s. Deze ontvanger is dus in staat de 3 golven afzonderlijk te ontvangen. Vanaf de 3 ontvangkanalen zijn aftakkingen gemaakt naar 3 frequentievermenigvuldigers van hetzelfde type als die, welke in de zenders R en G worden gebruikt. In de linkerhelft wordt de rode frequentie van  $8f$  vermenig-

vuldigd met een factor 3 en de master-frequentie van 6f met een factor 4, zodat voor de combinatie MR de frequentie 24f wordt, hetgeen in dit geval 340 kc/s is; in de rechterhelft wordt de master-frequentie vermenigvuldigd met een factor 3 en de groene frequentie met een factor 2, zodat voor de combinatie MG de frequentie 18f wordt, d.w.z. in dit geval 255 kc/s. Door deze vermenigvuldiging wordt geen wijziging gebracht in de phase bij ontvangst in de 3 kanalen; daartoe is het nodig, dat de basisfrequentie  $f$  zodanig gekozen wordt, dat er geen harmonische frequenties lager dan de uiteindelijke frequentie na de laatste vermenigvuldiging mogelijk zijn.

Daar thans voor de beide zenders van de combinaties MR en MG een gelijke frequentie geldt, kan nu het verschil in phase gemeten worden en aangegeven op de rode en groene decometers.

Het effect is hetzelfde als waren er 4 zenders geweest, nl. een Master en een Red Slave, beide uitzendende op een frequentie van 24f (340 kc/s), en een Master en een Green Slave, beide uitzendende op een frequentie van 18f (255 kc/s). Hoewel dus de eigenlijke uitzendingen plaats hebben op de frequenties 6, 8 en 9f, geschieden de metingen op de frequenties 24f en 18f, zodat de hyperbolische kaartpatronen gebaseerd zijn op 24f voor Rood en 18f voor Groen.

Bij gebruik van een derde (Purple) Slave wordt de Master-frequentie vermenigvuldigd met een factor  $\frac{5}{6}$ , zodat de Purple Slave uitzendt op een frequentie van  $\frac{5}{6} \times 6f = 5f$ . De ontvanger heeft dan nog een afzonderlijk, op 5f afgestemd, ontvangkanaal en het Master-kanaal heeft dan nog een derde aftakking. De vermenigvuldigingsfactoren zijn in dit geval 5 voor de Master en 6 voor Purple, zodat voor beide na vermenigvuldiging de frequentie 30f geldt ( $30 \times 14,1\bar{6} = 425$  kc/s).

De frequenties na vermenigvuldiging in de ontvanger worden de *vergelijkings-frequenties* (comparison-frequencies) genoemd; hiervoor worden de notaties  $F_R$ ,  $F_G$  en  $F_P$  gebruikt.

#### 12.5.1.4 Synchronisatie van de zenders en bepaling van het phaseverschil

De volgende notaties zullen worden gebruikt:

|                                                                 |               |
|-----------------------------------------------------------------|---------------|
| afstand Master-Slave . . . . .                                  | b             |
| afstand zender—ontvanger . . . . .                              | l             |
| golflengte, behorende bij vergelijkingsfrequentie $F$ . . . . . | $\lambda$     |
| phase . . . . .                                                 | $\Phi$        |
| phaseverschil . . . . .                                         | $\Delta \Phi$ |

In werkelijkheid worden de zenders niet gesynchroniseerd zoals in fig. 12.4 is aangegeven (d.w.z. phase in M en S gelijktijdig  $0^\circ$ ), doch zodanig, dat het phaseverschil 0 is op het verlengde van de basislijn aan de zijde van de Master.

Zoals uit fig. 12.8 blijkt, kan dit bereikt worden door S zodanig met M te synchroniseren, dat de phase van S een bepaald bedrag verschoven is t. o. v. die van M. Fig. 12.8 is getekend voor een tijdstip, waarop de phase van de M-golf in M gelijk is aan  $90^\circ$ , verder aan te duiden als  $\Phi_M(M) = 90^\circ$ .

Uit de figuur blijkt, dat voor een willekeurig punt W (= waarnemer), ergens op het verlengde van de basislijn aan de zijde van M:

$$\Phi_S(W) = \frac{l_S}{\lambda} \times 360^\circ - \Phi_S(S)$$

$$\Phi_M(W) = \frac{l_M}{\lambda} \times 360^\circ - \Phi_M(M)$$

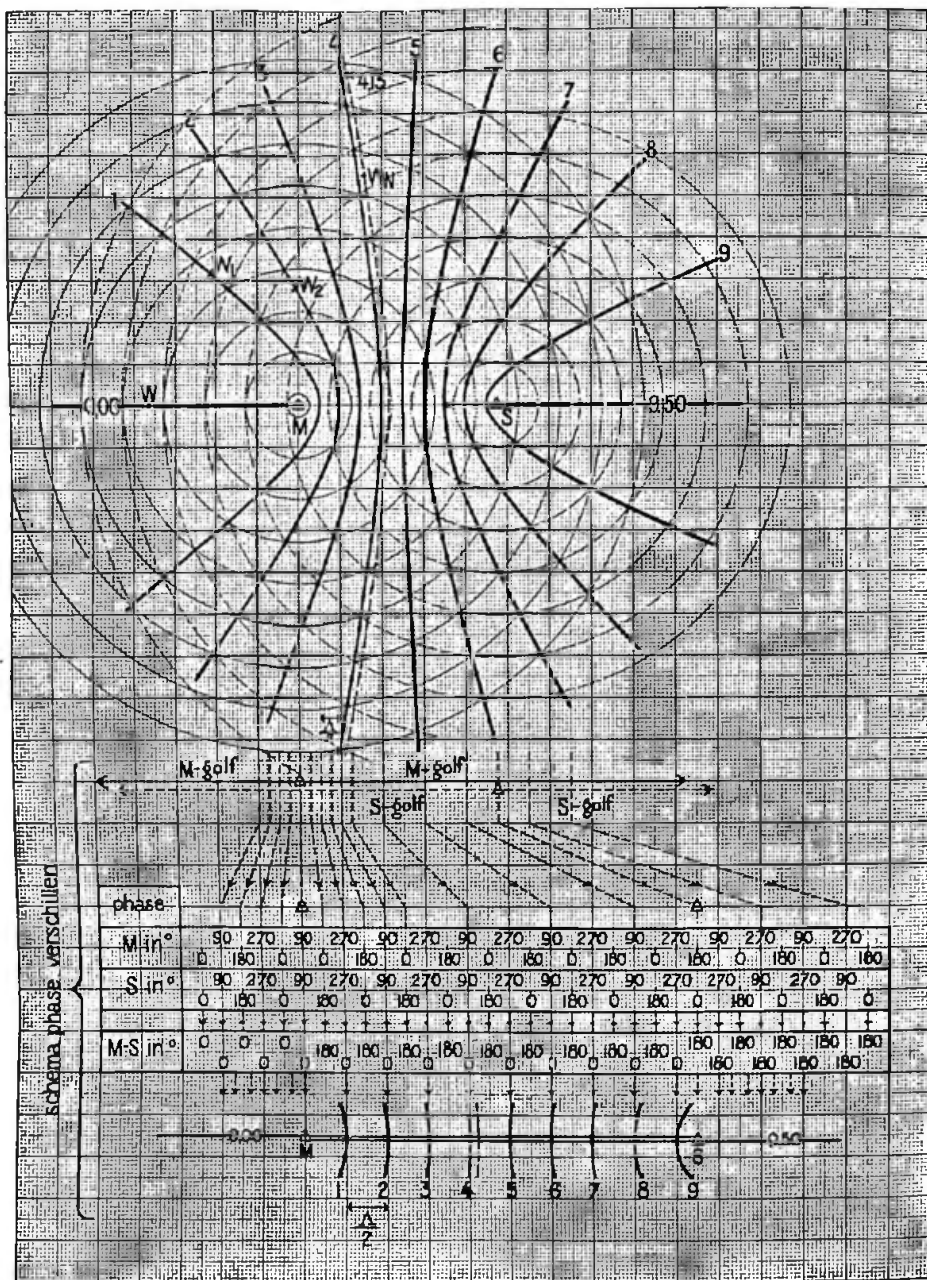


Fig. 12.8

Aan de voorwaarde van een constant phaseverschil =  $0^\circ$  op het verlengde van de basislijn wordt dus voldaan, als S zodanig met M gesynchroniseerd is, dat de  $\phi_s(W) - \phi_M(W) = 0^\circ$ , zodat in dat geval:

$$0 = \frac{l_s}{A} \times 360^\circ - \frac{l_M}{A} \times 360^\circ - \{\phi_s(S) - \phi_M(M)\},$$

waaruit:

$$\phi_s(S) - \phi_M(M) = \frac{l_s - l_M}{A} \times 360^\circ = \frac{b}{A} \times 360^\circ$$

$$\Delta \phi_{s-M} = \frac{b}{A} \times 360^\circ \quad (12.5.1.4a)$$

Uit fig. 12.8 kan worden afgelezen, dat in dit geval:

$$\Delta \phi_{s-M} = \frac{4,75}{1,00} = 1710^\circ (= 270^\circ).$$

De Master wordt nu zodanig door een kristal gestuurd, dat de frequentie nauwkeurig gehandhaafd blijft. De Slave wordt eveneens kristal gestuurd, doch haar zender wordt — al of niet automatisch — bovendien zodanig geregeld, dat het vereiste phaseverschil tussen de van de Master ontvangen golf en de door de Slave uitgezonden golf constant blijft.

Een synchronisatie van Master en Slave, zodanig dat het phaseverschil 0 is op het basisverlengde aan de zijde van de Master, is geen conditio sine qua non voor het Decca systeem; het is echter wel gebruikelijk, omdat het bij het berekenen van het patroon gemak oplevert, als dit verlengde samenvalt met een 0-hyperbool (grensgeval of gedegeneerde hyperbool).

Voor alle Slaves van een chain wordt het phaseverschil S — M op soortgelijke wijze geregeld.

Voor een willekeurig punt  $W_N$  (fig. 12.8 geldt):

$$\phi_M(W_N) = \frac{l_M}{A} \times 360^\circ - \phi_M(M)$$

$$\phi_s(W_N) = \frac{l_s}{A} \times 360^\circ - \phi_s(S)$$

---


$$\phi_M(W_N) - \phi_s(W_N) = \frac{l_M - l_s}{A} \times 360^\circ + \{\phi_s(S) - \phi_M(M)\}$$

$$\Delta \phi_{M-S}(W_N) = \frac{l_M - l_s}{A} \times 360^\circ + \Delta \phi_{s-M}$$

waaruit na substitutie van form. (12.5.1.4a) volgt:

$$\Delta \phi_{M-S}(W_N) = \frac{b + l_M - l_s}{A} \times 360^\circ \quad (12.5.1.4b)$$

Aangezien in de Decca ontvanger het phaseverschil *Master minus Slave* gemeten wordt, dient het phaseverschil dus steeds op deze wijze gedefinieerd te worden.

Voor de punten  $W_1$ ,  $W_2$  en  $W_N$  in fig. 12.8 is:

$$\Delta \Phi (W_1) = \frac{4,75 + 3,75 - 7,50}{1,00} \times 360^\circ = \frac{1,00}{1,00} \times 360^\circ = 360^\circ$$

$$\Delta \Phi (W_2) = \frac{4,75 + 2,75 - 5,50}{1,00} \times 360^\circ = \frac{2,00}{1,00} \times 360^\circ = 720^\circ$$

$$\Delta \Phi (W_N) = \frac{4,75 + 5,63 - 6,35}{1,00} \times 360^\circ = \frac{4,13}{1,00} \times 360^\circ = 1486^\circ,8$$

In plaats van in graden, drukt men het phaseverschil bij Decca uit in eenheden van  $360^\circ$  en gebruikt men voor het in die eenheid uitgedrukte phaseverschil de notatie  $L$  (= *Lane-nummer*). Uit form. (12.5.1.4b) volgt zodoende de algemene formule:

$$L = \frac{b + l_M - l_S}{\lambda}$$

of — na substitutie van form. (12.2.1a) — in een meer gebruikelijke vorm:

$$L = \frac{F}{V} (b + l_M - l_S) \quad (12.5.1.4c)$$

Voor de punten  $W$ ,  $W_1$ ,  $W_2$  en  $W_N$  in fig. 12.8 is:

$$L_W = \Delta \Phi (W) = \frac{0,00}{1,00} = 0,00$$

$$L_{W1} = \Delta \Phi (W_1) = \frac{1,00}{1,00} = 1,00$$

$$L_{W2} = \Delta \Phi (W_2) = \frac{2,00}{1,00} = 2,00$$

$$L_{WN} = \Delta \Phi (W_N) = \frac{4,13}{1,00} = 4.13$$

Formule (12.5.1.4c) heeft algemene geldigheid, vooropgesteld dat de synchronisatie van Slave met Master zodanig geregeld is, dat het *phaseverschil 0 is op het verlengde van de basislijn* aan de zijde van de Master. Voor de combinaties Rood, Groen en Paars gelden dus de formules:

$$\left. \begin{aligned} L_R &= \frac{F_R}{V} (b_R + l_M - l_R) \\ L_G &= \frac{F_G}{V} (b_G + l_M - l_G) \\ L_P &= \frac{F_P}{V} (b_P + l_M - l_P) \end{aligned} \right\} \quad (12.5.1.4d)$$

Formules (12.5.1.4d) geven een doorlopend hyperbool-nummer; ten behoeve van de op de kaart te tekenen hyperbolen moet daarop nog de aan het slot van par. 12.5.1.2 genoemde zone-indeling worden toegepast.

Opgemerkt wordt, dat de lengte van de basislijnen in fig. 12.6 van de orde van 90 km is, doch dat zowel kortere als langere (tot circa 200 km) basislijnen mogelijk zijn. Aangezien  $\lambda$  van de orde van grootte van 1000 meter is, is het werkelijke aantal lanes veel groter dan in fig. 12.8 is getekend.

#### 12.5.1.5 Effect van aardkromming en van hoogte van zenders en ontvanger boven zeeniveau

De figuren 12.4 en 12.8 zijn horizontale doorsneden volgens een plat vlak door de zenders M en S. In werkelijkheid is het aardoppervlak gekromd en breiden de radiogolven zich in *alle* richtingen met constante snelheid uit; de golffronten zijn zodoende geen cirkels, doch bollen met als middelpunten M en S. Men kan de beide figuren dan ook interpreteren als doorsneden volgens een plat vlak dat een zekere helling maakt met het horizontale vlak, dus ook b.v. als een verticale doorsnede (het grootste gedeelte van de onderste helft van het patroon wordt dan afgevangen door de aarde en komt dus niet tot stand).

Indien de voortplanting der radiogolven rechtlijnig zou geschieden, dan zouden de meetkundige plaatsen met gelijk *phase-verschil* dus geen hyperbolen, doch omwentelingshyperboloïden zijn op de as MS. De voortplanting geschiedt echter niet rechtlijnig, zodat de as MS geen rechte lijn is en de meetkundige plaatsen (eigenlijk: vlakken) geen zuivere omwentelingshyperboloïden zijn.

Deze complicaties zijn minder ernstig, dan zij op het eerste gezicht schijnen te zijn. Bij de afleiding van formule (12.5.1.4c) is n.l. het lane-nummer  $L$  uitgedrukt in de afstanden, welke de radiogolven afleggen tussen zender en ontvanger, *zonder* bij die afleiding gebruik te maken van het feit, dat fig. 12.8 een afbeelding is in een plat vlak. Het door de zenders geproduceerde patroon — dat is het patroon waarin de Decca-ontvanger de phaseverschillen meet — moet dus berekend worden met behulp van de werkelijke afstanden welke door de radiogolven worden afgelegd en niet met de aardse projecties van die afstanden, zoals zij op het aardoppervlak gemeten zouden worden.

De situatie is schetsmatig aangegeven in fig. 12.9; M, R, G en W zijn daarin de betrokken punten en  $b_R$ ,  $b_G$ ,  $l_R$ ,  $l_M$  en  $l_G$  de bijbehorende afstandbogen, welke voor de berekening van  $L_R$  en  $L_G$  — m.b.v. formule (12.5.1.4d) — gebruikt moeten worden. Indien de aardse projecties van de genoemde punten in coördinaten bekend zijn, dan kunnen de ellipsoïdeafstanden  $b'_R$ ,  $b'_G$ ,  $l'_R$ ,  $l'_M$  en  $l'_G$  berekend worden; de voor

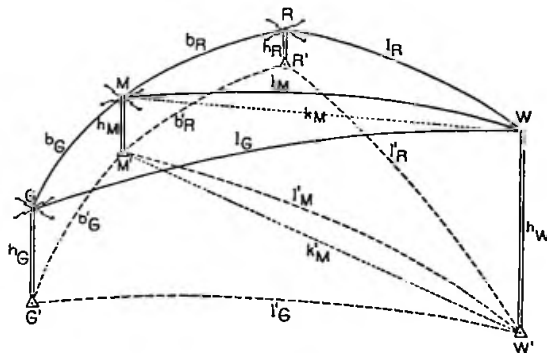


Fig. 12.9

form. (12.5.1.4d) benodigde afstanden kunnen daaruit afgeleid worden als bekend zijn: 1e de hoogten van zenders en ontvanger boven zeeniveau en 2e de kromming dier afstandbogen; deze kromming kan voor de bij Decca gebruikte golflengten ( $\lambda$  van de orde van 3000 meter) zonder bezwaar gelijk gesteld worden aan de aardkromming (zie voor verdere details par. 12.5.4.1). De booglengten  $b$  en  $b'$  zijn uiteraard constant.

Uit fig. 12.9 is zonder meer duidelijk, dat het effect van de hoogten van zenders en een aan boord van een schip opgestelde ontvanger zeer gering zal zijn, vooropgesteld, dat de afstanden zender-ontvanger niet te klein zijn in verhouding tot hun hoogteverschillen.

De conclusie is dus, dat *formules* (12.5.1.4d) *algemene geldigheid* hebben, doch dat de daarin voorkomende afstanden slechts bij benadering gelijk zijn aan de corresponderende terrestrische afstanden. Voor hydrografische toepassingen kunnen de hoogten van zenders en ontvanger echter nagenoeg steeds verwaarloosd worden.

Hoewel de meetkundige plaatsen met gelijk phaseverschil in werkelijkheid geen omwentelingshyperboloïden en evenmin hyperbolen zijn — en dan ook niet als zodanig berekend worden — is de gebruikelijke aanduiding desniettemin toch Decca-hyperbolen, hoewel *Decca-positielijnen* of kortweg *Decca-lijnen* een betere omschrijving is.

#### 12.5.1.6 Richting van een Decca-lijn

In fig. 12.10 kunnen de kleine gedeelten AB en AC van de rond M en S beschreven cirkelbogen zonder bezwaar als rechte lijnen beschouwd worden, terwijl ook

het kleine hyperbool-gedeelte WA praktisch een rechte lijn is. Dit veronderstellende, is:

$$AB^2 = AW^2 - \Lambda^2$$

$$AC^2 = AW^2 - \Lambda^2, \text{ zodat:}$$

$$AB = AC, \text{ waaruit volgt:}$$

$$\alpha = \beta$$

Verder is hoek

$$MWS = \alpha + \beta = \theta, \text{ zodat}$$

$$\alpha = \beta = \frac{\theta}{2} \quad (12.5.1.6a)$$

De *richting van een Decca-lijn* in een willekeurig punt W wordt dus be-

Fig. 12.10

paald door de bissectrice van de hoek waaronder in dat punt de beide zenders gezien worden.

#### 12.5.1.7 Lane-breedte

Onder *lane-breedte* = d (lane-width) verstaat men de loodrechte afstand tussen twee 0-hyperbolen.

Neemt men voor het kleine door fig. 12.10 bestreken gebied aan, dat de hyperbolen N en N + 1 evenwijdig lopen, en dat de cirkelbogen als rechte lijnen mogen worden beschouwd, dan is DE = EF, zodat de -.-.- lijn (feitelijk een ellips) de hoek  $\theta$  midden door deelt.

Verder is:

$$d = WE = WD \cos \frac{\theta}{2}$$

$$WD = \frac{WC}{\cos(90^\circ - \theta)} = \frac{WC}{\sin \theta} = \frac{A}{2 \sin \frac{\theta}{2} \cos \frac{\theta}{2}}$$

$$d = \frac{A}{2 \sin \frac{\theta}{2}} \quad (12.5.1.7a)$$

Voor een punt op de basislijn is  $\theta = 180^\circ$  of  $\frac{\theta}{2} = 90^\circ$ , zodat de lane-breedte op een basislijn gelijk is aan

$$d_b = \frac{A}{2} \quad (12.5.1.7b)$$

Aangezien  $A$  voor de 3 patronen R, G en P gemiddeld ongeveer 1000 meter is, correspondeert 0,01 lane op de basislijn met ongeveer 5 meter.

### 12.5.1.8 Aantal lanes in een patroon

Uit fig. 12.8 blijkt, dat de coëfficiënt  $(b + l_M - l_R)$  van form. (12.5.1.4c) nul is op het verlengde van de basislijn aan de zijde van de Master;  $L$  is in dat geval dan ook 0. Op het basisverlengde aan de zijde van de Slave is  $(b + l_M - l_R)$  gelijk aan  $2b$ , zodat daar:  $L = \frac{F}{V} \times 2b$ .

Het totale aantal lanes per zendercombinatie is zodoende gelijk aan

$$n = \frac{2bF}{V} \quad (12.5.1.8a)$$

en de aantallen lanes in de 3 patronen zijn:

$$\left. \begin{aligned} n_R &= \frac{2b_R F_R}{V} \\ n_G &= \frac{2b_G F_G}{V} \\ n_P &= \frac{2b_P F_P}{V} \end{aligned} \right\} \quad (12.5.1.8b)$$

## 12.5.2 Enkele gegevens over Decca survey chains

### 12.5.2.1 Transportable chain

Het zendapparaat bestaat uit de volgende hoofdonderdelen:

- kristal;
- phaseregelaar (alleen op de Slave-stations);
- stuurtrap;
- versterker.

#### Kristal

Het is voor het systeem essentieel, dat de frequentie van de Master zeer nauwkeurig gelijk is aan en gehandhaafd blijft op een tevoren vastgesteld bedrag van



6f, waarbij  $f$  in de buurt ligt van 14 kc/s. Men bereikt dit door regeling van de frequentie m.b.v. een kwarts kristal van nauwkeurig bekende trillingsperiode, welke constant gehouden wordt door inbouw in een kast, waarin de temperatuur d.m.v. een thermostaat langs electronische weg constant gehouden wordt.

De frequentie van een Slave wordt eveneens door een kristal geregeld, doch hier kunnen minder hoge eisen aan de frequentiestabiliteit gesteld worden, zodat een thermostaat niet toegepast wordt. Variaties in de temperatuur doen de frequentie weliswaar in geringe mate schommelen — met als gevolg een verstoring van de oorspronkelijk ingestelde phasesynchronisatie (A in form. (12.5.1.4b) verandert) — doch het effect daarvan wordt automatisch gecompenseerd door de phaseregelaar.

#### *Phaseregelaar*

De uitzending van een Slave wordt gecontroleerd door een z.g. phaseregelaar. De Master-golf wordt daartoe opgevangen door de links in fig. 12.12 aangegeven antenne, aangesloten op een ontvangapparatuur welke op haar beurt de Slave-zender bestuurt en wel op zodanige wijze, dat een éénmaal ingestelde phasesynchronisatie automatisch gehandhaafd blijft, onafhankelijk van de door temperatuurswisselingen optredende kleine variaties in de frequentie. Zoals reeds in par. 12.5.1.4 werd opgemerkt, wordt de phasesynchronisatie zodanig geregeld, dat het phaseverschil op de verlengden van de basislijnen aan de zijde van de Master nul is.

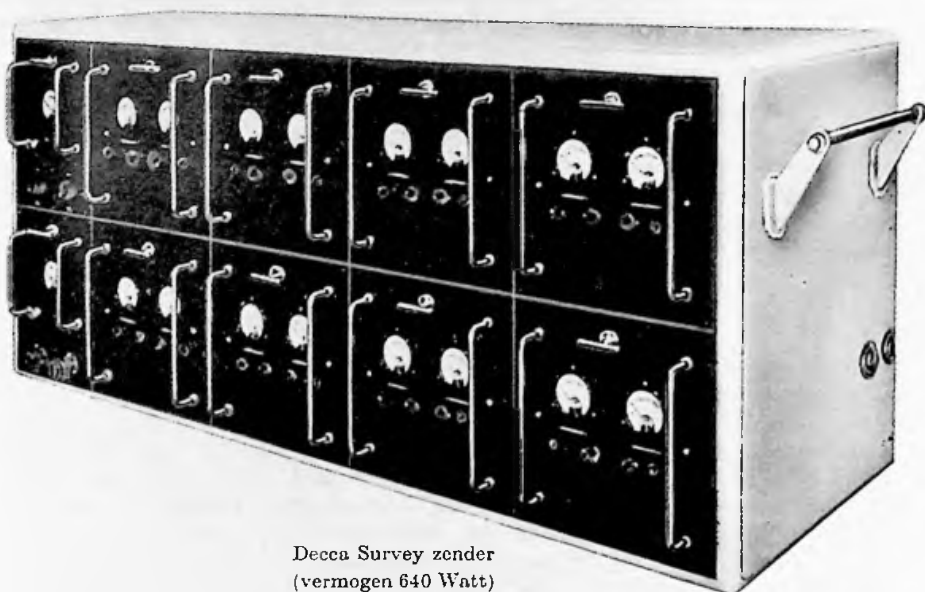
#### *Stuurtrap en versterker*

Deze vormen te zamen de eigenlijke zender; fig. 12.11 geeft een afbeelding van de voor Master en Slaves gebruikelijke survey-zender.

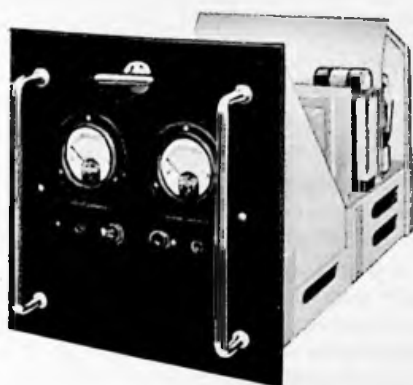
De beide gelijke eenheden boven elkaar links op de foto boven, zijn de stuurtrappen, waarin de voltage tot enige duizenden volts opgevoerd wordt. De 8 parallel geschakelde versterkers leveren ieder 80 Watt, zodat het totale vermogen van een dergelijke zendenheid 640 Watt bedraagt. Het in de zendantenne toegevoerde vermogen bedraagt 600 Watt. Een defect aan één der 8 onderdelen heeft slechts een vermindering van zendenergie tot gevolg en niet het uitvallen van de gehele zender. De bijgeleverde reservedelen (zie fig. 12.11) kunnen in 1 minuut tijd verwisseld worden zonder dat de zender behoeft te worden uitgeschakeld.

#### *Zendantenne*

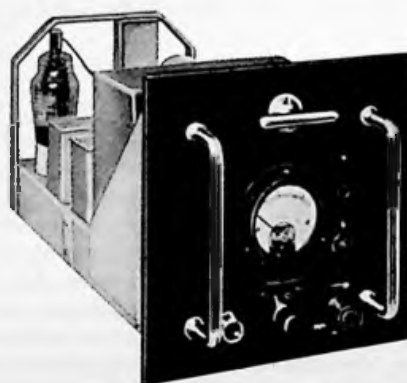
Om economische redenen is het gewenst een zo groot mogelijk gebied te bestrijken met een bepaald energieverbruik van de zender; er treden uiteraard steeds verliezen van verschillende aard op en het is dus wenselijk dat de verhouding van de door de antenne uitgestraalde tot de aan de zender toegevoerde energie zo gunstig mogelijk is. Een tweede eis is, dat de antenne zodanig geconstrueerd moet worden, dat een aanwijsbaar punt beschouwd kan worden als het mathematische punt van waaruit de uitzending plaats heeft, zijnde het punt dat in de berekening beschouwd wordt als „de” zender. Dit stelt zeer speciale eisen van verschillende aard aan de constructie en vorm van de zendantenne; zeer globaal gesproken zou aan die eisen voldaan worden door een verticale draad van  $\frac{1}{4}$  golf-lengte, hetgeen bij de door Decca gebruikte golflengten van rond 3000 meter (100 kc/s) uiteraard onmogelijk is. Bij de navigatiezenders gebruikt men daarom (als benadering van een meer ideale antenne) een aantal verticale draden, opgehangen aan een



Decca Survey zender  
(vermogen 640 Watt)



Versterker  
(vermogen 80 Watt)



Stuurtrap

Fig. 12.11

ruim 100 meter hoge zendmast, welke constructie echter te omvangrijk en te zwaar is voor een survey chain.

Bij een survey-zender wordt aan de tweede eis volledig en aan de eerste eis in voldoende mate voldaan door middel van antennesystemen van het z.g. parapluie type. Fig. 12.12 is een schetstekening van het in Groenland, Zweden en in de Perzische Golf gebruikte type van een omgekeerde parapluie antenne; voor maten en afstanden wordt naar die figuur verwezen. Een z.g. grondmat (earth wires; groundmat) is

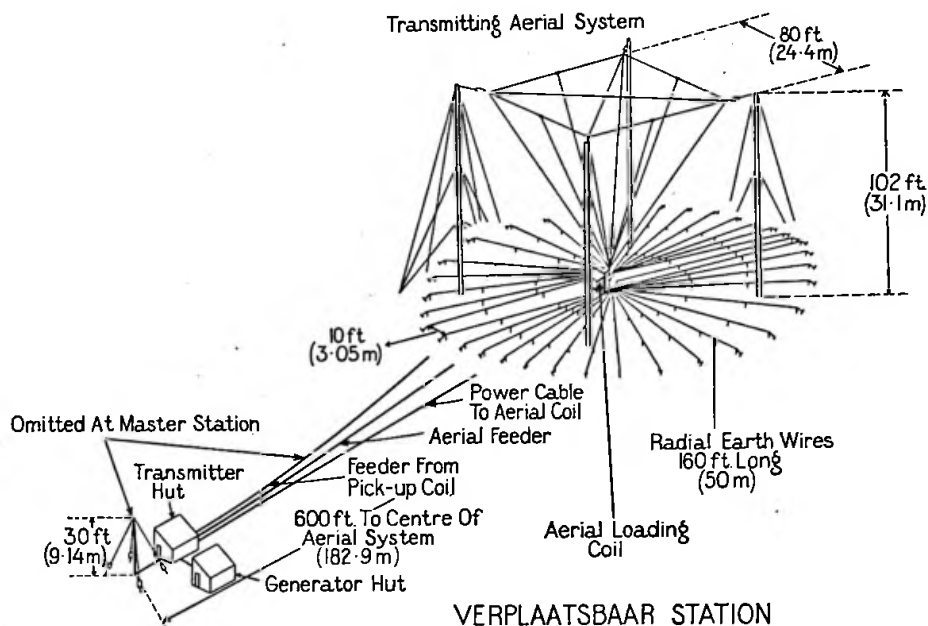


Fig. 12.12

onmisbaar bij ieder systeem, werkende op golflengten van ongeveer 100 meter of langer. Zij werkt als een reflector van de door de zender uitgestraalde energie, welke zonder die mat voor een te groot gedeelte in de grond zou worden opgeslorpt en dus ongebruikt zou blijven. De ongeveer 40 of meer radiale draden kunnen zowel op, boven, als enkele decimeters onder de grond gelegd worden, behoeven niet geïsoleerd te worden en leveren bij aanraking geen gevaar op.

Het totale gewicht van een dergelijk antennesysteem met bijbehorende masten is groot (zie hierna) en bij een nieuwere uitvoering gebruikt men dan ook een rechtopstaande parapluie-antenne van het type, zoals beschreven in par. 12.5.2.2 (fig. 12.13) — dus slechts één enkele centrale mast —, doch met dit verschil, dat de hoogte van de mast 30 meter bedraagt. Het is gebleken, dat een dergelijke antenne eveneens aan de gestelde eisen voldoet, terwijl het totale gewicht aanzienlijk minder is. Dit nieuwste type Survey-zendantennes is door de Franse Hydrografie met succes gebruikt op de Franse kust en in Marocco.

Hoewel deze beide uitvoeringen het meest voor toepassing in aanmerking komen, zijn ook nog andere typen van antennes mogelijk, welke hier echter niet beschreven zullen worden.

### *Motorgenerator*

Electrische energie — voor zover die niet betrokken kan worden uit een bestaand electriciteitsnet — wordt geleverd door een dynamo aangedreven door een ruwollemotor. De benodigde energie is — rekening houdende met verliezen, met verbruik van allerlei hulpapparaten en met eventueel nodige verlichting — slechts 3 kilowatt, zodat met een motor met een vermogen van enkele P.K. volstaan kan worden. Een complete reserve-installatie — ook indien de stroom betrokken wordt uit een bestaand net — dient op ieder station aanwezig te zijn.

### *Gewichten*

Een compleet zendstation (inclusief verpakking) van het type van fig. 12.12 — Master of Slave — weegt ongeveer 10 ton, waarvan 1,7 ton voor de eigenlijke radioapparaten en de rest voor het antennesysteem met grondmat en masten; hierbij is de behuizing niet inbegrepen. Alle onderdelen zijn verpakt in sterke houten kisten, welke op een enkele uitzondering na (de motorgenerator van circa 200 kg en de z.g. grondplaat van hetzelfde gewicht, welke aan de voet van de parapluie gemonteerd moet worden) niet meer dan 25 kg wegen; de maximum afmeting van een kist is  $1,5 \times 1 \times 1$  meter, doch de meeste kisten zijn aanzienlijk kleiner.

Bij de reeds genoemde nieuwere uitvoering met 1 centrale mast van 30 meter, vervaardigd van aluminium, is het totale gewicht slechts 3 ton; de gewichten en verpakking van de onderdelen zijn dezelfde als zojuist genoemd.

### *Technisch personeel*

Het is in het bestek van dit boek niet mogelijk de technische eisen op te sommen waaraan het bedieningspersoneel van een zender moet voldoen. Volstaan wordt daarom met de volgende algemene gegevens, welke gelden voor beide genoemde uitvoeringen.

- a. 1 electrotechnisch ingenieur of M.T.S.-er voor supervisie van de gehele chain;
- b. 1 radiotelegrafist, tevens hulpmotorist, per zender en per wacht;
- c. 1 motorist, tevens hulptelegrafist per zender;
- d. 1 waarnemer, tevens hulptelegrafist/motorist per wacht voor de monitor.

### *Benodigde tijd voor opzetten en regelen apparaten*

De hiervoor benodigde tijd is zowel afhankelijk van plaatselijke omstandigheden en transportmogelijkheden, als van reeds opgedane ervaring. Voor het type van fig. 12.12 moet gerekend worden op 2 à 4 weken per chain; voor het nieuwere type met 1 centrale zendmast op 1 à 3 weken, eveneens per chain.

Bij een destijds voor Straat Karimata (Indonesië) opgesteld plan werd gerekend, dat de zenders pas na 3 jaar ( $3 \times 10$  werkmaanden) verplaatst zouden behoeven te worden, zodat de betrekkelijk lange tijd nodig voor opstelling en regeling — in welke tijd sommige andere hydrografische werkzaamheden voortgang kunnen vinden — geen bezwaar geacht wordt.

12.5.2.2. *Lightweight chain*

Deze lichtgewicht uitvoering is bedoeld voor toepassing in een kleiner werkingsgebied, hetwelk voor de gematigde luchtstreken gesteld kan worden op 250 km, doch voor de tropen — waar de luchtstoringen veel sterker zijn — vermoedelijk op niet meer dan 100 à 150 km.

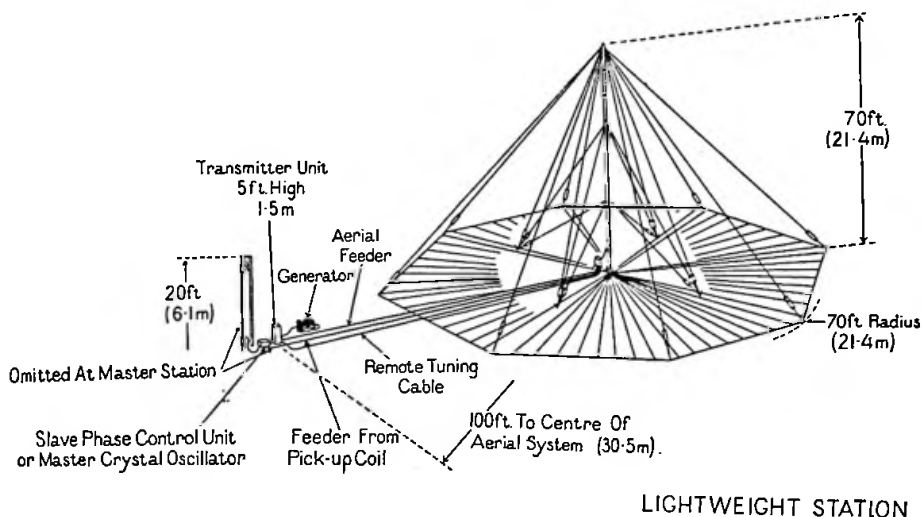


Fig. 12.13

De lichtgewicht chain werkt volgens geheel dezelfde principes als iedere andere Decca chain en gebruikt dezelfde ontvangers; het vermogen is slechts 160 Watt. Fig. 12.13 is een schets van een dergelijke zender; enige chains van dit type zijn in gebruik bij het Engelse leger. Het totale gewicht van een zendstation is ongeveer 1 ton; opstelling van de radio-apparaten en vervoer van het geheel geschiedt in een gesloten vrachtauto. De benodigde tijd voor opstelling is slechts enkele uren. De personeelsbezetting is dezelfde als die van een verplaatsbare chain.

In verband met de kleine werkingssfeer, welke aanmerkelijk kleiner is dan die van een verplaatsbare chain (zie par. 12.5.5), zijn de hydrografische toepassingen beperkt.

12.5.2.3 *Survey ontvanger*

Deze bestaat uit de eigenlijke radio-ontvanger met afmetingen van  $61 \times 56 \times 36$  centimeter (gewicht 46 kg) en de decometers (fig. 12.5), met afmetingen  $36 \times 28 \times 18$  cm en een gewicht van 9 kg. De ontvanger dient opgesteld te worden op een niet te grote afstand (hoogstens 10 meter) vanaf de invoer van de antenne; de decometers kunnen op iedere gewenste plaats worden opgesteld. De ontvanger werkt op 230 volt 50 perioden wisselstroom, welke m.b.v. een bijgeleverde omvormer (19 kg) afgenomen wordt van een gelijkstroomnet. Het totale verbruik is slechts 100 Watt.

Voor gebruik in sloepen kan een kleinere ontvanger geleverd worden, welke 20 kg weegt; daarbij worden de normale decometers van 9 kg gebruikt. Als energiebron worden 12 volts accu's gebruikt.

De survey ontvanger en decometers vereisen geen technisch geschoold bedieningspersoneel.

De ontvangantenne is een geïsoleerde verticale koperdraad. In de praktijk is gebleken, dat tot op 200 km afstand goede resultaten werden bereikt met een verticale antenne van slechts 3 meter lengte; een zo lang mogelijke antenne is echter steeds aan te bevelen, aangezien de nauwkeurige werking van de ontvanger afhankelijk is van de ontvangen hoeveelheid energie en deze op haar beurt ruwweg evenredig is met de lengte van de antenne. Op Groenland werden verticale antennes van 20 meter gebruikt, waarmede ruim voldoende signaalsterkte werd opgepikt tot op 600 km afstand (2600 km voor de zoveel sterkere navigatiezenders).

In verband met mogelijk storende invloeden van masten, stagen en andere aan boord opgestelde antennes dient de gunstigste plaats van de Decca antenne bepaald te worden door een terzake deskundige. Niet-verticale antennes kunnen alleen voor afstanden tot ongeveer 200 km (overdag) geaccepteerd worden, aangezien zij gevoeliger zijn voor de ontvangst van indirecte golven (sky-wave).

De antenne van het opnemingsvaartuig weegt ongeveer 10 kg; voor sloepen kan men een hoogstens 1 kg wegende zweep-antenne gebruiken van het type zoals men b.v. op een auto heeft.

Voor kaarteringsdoeleinden — uitgezonderd voor sloepsgebruik — worden soms gelijktijdig 3 ontvangers gebruikt, ieder aangesloten op zijn eigen antenne; noemenswaardige tegenspraken komen echter zeer zelden voor.

#### 12.5.2.4 *Monitor*

De door de zenders uitgezonden patronen zijn alleen stabiel — d.w.z. veranderen niet van plaats — als de phasesynchronisatie tussen Slaves en Master onveranderlijk gehandhaafd blijft. Ondanks de automatische regeling door de phaseregelaar kunnen desniettemin nog kleine fouten optreden welke voor nauwkeurig werk niet verwaarloosd mogen worden.

De installatie welke dit controleert, noemt men de monitor; een monitor bestaat uit een normale Decca ontvanger met decometers. Op een willekeurige vaste plaats opgesteld, moet de aflezing van de decometers constant zijn; een verandering in de phasesynchronisatie blijkt uit een verandering in de decometeraflezingen.

In sommige gevallen wordt bij iedere Slave een monitor opgesteld, welke de eventuele correcties automatisch aanbrengt. Dit systeem wordt met succes toegepast bij alle navigatie chains. Bij een survey chain wordt echter slechts 1 monitor gebruikt, opgesteld ergens binnen het werkingsgebied van de chain. De door een waarnemer geconstateerde veranderingen worden door hem radiografisch doorgegeven aan de wachtdoende telegrafisten op de Slaves en daar gecorrigeerd. Zowel monitor als Slaves zijn daartoe uitgerust met eenvoudige communicatie-zenders en -ontvangers. Vanwege moeilijkheden met luchtstoringen is een telegrafiezendertje meestal te verkiezen boven radiotelefonie; geoefende telegrafisten zijn voor dat doel niet nodig, aangezien de correcties in de praktijk slechts enkele malen per dag behoeven te worden aangebracht, zodat een snel seintempo niet nodig is.

De Zweedse Hydrografische Dienst heeft de monitor van haar survey chain met succes geheel geautomatiseerd, waarmede de waarnemers op het monitorstation bespaard worden, vooropgesteld dat ook de energievoorziening automatisch kan geschieden. Voor de door de Nederlandse Hydrografie beoogde toepassingen in de tropen lijkt automatisering van de monitor geen voordelen te zullen hebben, doch mogelijk wel nadelen vanwege de meerdere gecompliceerdheid van het toestel.

De ontvangantenne van de monitor is een verticale draad van circa 10 meter lengte; het gebruik van een kleine grondmat is in de meeste gevallen gewenst. De communicatieantenne kan van ieder gewenst type zijn. Het totale gewicht van een monitorstation, inclusief motorgenerator en communicatieapparaat, doch exclusief behuizing, is ongeveer 1 ton.

Het benodigde technische personeel is reeds in par. 12.5.2.1 vermeld.

### 12.5.3 Voortplanting van een golffront

#### 12.5.3.1 *Directe golf*

De concentrische cirkels in de figuren 12.4 en 12.8 stellen de golffronten voor van de zich rond M en S uitbreidende radiogolven; voor deze uitbreidingssnelheid (phase-velocity) is reeds in de vorige paragrafen de notatie  $V$  ingevoerd.

In par. 12.2.1 is reeds opgemerkt, dat alle electromagnetische trillingen zich in het luchtledig rechtlijnig voortplanten met een constante snelheid  $c$ . De meest recente en nauwkeurigste bepaling van  $c$  is die van dr. Bergstrand (1950); gevonden werd:

$$c = 299\,793,1 \pm 0,2 \text{ km/sec.}$$

De voornaamste factoren, welke de voor de berekening van een Decca Lane-nummer (form. 12.5.1.4d) te gebruiken voortplantingssnelheid  $V$  van  $c$  doen afwijken, zijn:

1. een remmende invloed van de aardse atmosfeer;
2. abnormale meteorologische omstandigheden;
3. het niet ideale geleidingsvermogen van het aardoppervlak;
4. een vervorming van het golffront nabij de zender.

Het is in het bestek van dit hoofdstuk niet mogelijk op al deze invloeden gedetailleerd in te gaan, zodat volstaan zal worden met de volgende hoofdzaken.

*Ad. 1.* Voor een standaardatmosfeer en in een gematigd klimaat worden voor voortplanting over zeewater de volgende waarden aangenomen:

|                            |                                         |
|----------------------------|-----------------------------------------|
| op zeeniveau. . . . .      | $V = 299680 \times 10^3 \text{ m/sec.}$ |
| op 3000 m hoogte . . . . . | $V = 299710 \times 10^3 \text{ m/sec.}$ |
| op 6000 m hoogte . . . . . | $V = 299725 \times 10^3 \text{ m/sec.}$ |
| op 9000 m hoogte . . . . . | $V = 299740 \times 10^3 \text{ m/sec.}$ |

De onzekerheid in deze waarden is niet bekend, doch mag vermoedelijk geraamd worden op ongeveer  $6 \times 10^3 \text{ m/sec.}$ , of rond  $\frac{1}{50.000}$

*Ad. 2.* In andere dan de gematigde luchtstreken zullen afwijkende waarden voor  $V$  kunnen gelden. Nauwkeurige gegevens zijn niet bekend en bepaling van  $V$  volgens de hieronder te noemen methode is — indien mogelijk — aan te bevelen. Operationele resultaten van Decca survey chains in Groenland, Zweden en in de Perzische Golf doen echter vermoeden, dat de uitsluitend uit dien hoofde te verwachten verschillen gering zullen zijn, vergeleken bij het effect van de overige storingsbronnen.

Het maximum effect van dagelijkse variaties in de meteorologische omstandigheden wordt voor kleine golflengten en voor de gematigde luchtstreken veelal gesteld op

$\frac{1}{20.000}$  voor zeeniveau,  $\frac{1}{40.000}$  op een hoogte van 1500 meter en kleiner op hoogten boven de 1500 meter, doch is op de door Decca gebruikte golflengten niet meer dan  $\frac{1}{100.000}$ , onafhankelijk van de hoogte. De te verwachten m.f. is dus voor Decca kleiner dan de onder 1 genoemde onzekerheid waarmede  $V$  geacht wordt bekend te zijn. Aangezien de dagelijkse variaties in de tropen als regel aanmerkelijk kleiner zijn dan in de gematigde luchtstreken, is de m.f. in de tropen mogelijk nog kleiner.

*Ad. 3.* Het geleidingsvermogen van het aardoppervlak wordt uitgedrukt in electromagnetische eenheden (units) of afgekort: e.m.u. In die eenheid uitgedrukt is het geleidingsvermogen van zeewater  $10 \text{ à } 15 \times 10^{-14}$  e.m.u. en varieert dat voor land tussen ongeveer  $1 \times 10^{-14}$  en  $15 \times 10^{-14}$  e.m.u., afhankelijk van topografie en soort van begroeiing; voor woestijnzand is het geleidingsvermogen  $1 \times 10^{-14}$  e.m.u. of nog minder.

Het effect op  $V$  van verschillen in geleidingsvermogen is nog niet nauwkeurig bekend, doch dit effect is in ieder geval zeer belangrijk. De best bekende benadering van  $V$  voor terrein met een geleidingsvermogen van ongeveer  $7 \times 10^{-14}$  e.m.u. <sup>1)</sup> — „gemiddeld” terrein dus — is  $V = 299330 \times 10^3$  m/sec., d.w.z.  $0,99883 \times$  de voortplantingssnelheid over zeewater, hetgeen dus een verschil maakt van meer dan  $\frac{1}{1000}$ .

Indien de voortplantingssnelheid over land bekend is, dan kan daarmede op de in par. 12.5.6.5 aangegeven wijze rekening gehouden worden bij het berekenen van het Decca-patroon. Voor hydrografische toepassingen dient men deze complicatie zoveel mogelijk te vermijden door de basislijnen over zee te projecteren, zodat de slechts weinig variabele waarde van  $V = 299680 \times 10^3$  m/sec. gebruikt kan worden (zo mogelijk zal men  $V$  bepalen).

*Ad. 4.* Tot op een afstand van ongeveer 1 golflengte vanaf de zender treden de hieronder nader te noemen vervormingen van het golffront op. Deze vervormingen hebben echter geen merkbare invloed op  $V$ .

De methode ter bepaling van  $V$  berust op het volgende:

Volgens formule (12.5.1.8b) is het aantal lanes per zendercombinatie gelijk aan  $n = \frac{2bF}{V}$ , waaruit volgt:

$$V = \frac{2bF}{n} \quad (12.5.3.1a)$$

<sup>1)</sup> Dit is de gemiddelde waarde voor de Zuidelijke helft van Engeland.



Het aantal lanes kan men tellen door met een ontvanger een aantal malen over het verlengde van de basislijn aan de zijde van de Master te passeren (de ontvanger behoeft daarbij niet op het juiste lane-nummer ingesteld te zijn). De minimum

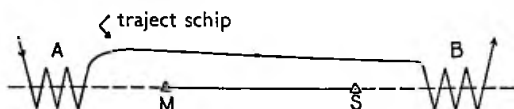


Fig. 12.14

aflezingen (bij A) geven de momenten, waarop het (onzichtbare) basisverlengde gesneden wordt. Zonder de ontvanger af te zetten herhaalt men de procedure op het andere basisverlengde (bij B) en constateert daar de maximum aflezing. Het verschil tussen de beide aflezingen geeft  $n$ ; fig. 12.14 in verband met fig. 12.4 verduidelijken deze werkwijze. In het gegeven voorbeeld is het phaseverschil op het Master-verlengde niet nul gemaakt.

## Aflezingen groep A.

12,24  
,26  
,275  
,255  
,26  
,235

gem. A = 12,254

## Aflezingen groep B.

326,56  
,59  
,55  
,585  
,555  
,55

gem. B = 326,565

gem. A = 12,254

$n = 314,311$  lanes.

Teneinde het effect van meteorologische variaties zoveel mogelijk te elimineren, worden deze series waarnemingen op meerdere dagen herhaald; aangezien dit soort waarnemingen weinig tijd kost, wordt het aantal in iedere groep bij voorkeur groter gekozen dan in het gegeven voorbeeld. Het tijdsverloop tussen de waarnemingen in A en in B moet bij voorkeur zo kort mogelijk zijn, teneinde gelijkblijvende voortplantingscondities zo goed mogelijk te verwezenlijken; dit soort waarnemingen wordt voor niet-hydrografische toepassingen om die reden dan ook wel uitgevoerd in een vliegtuig, hetgeen echter dient te geschieden door terzake deskundigen, omdat anders velerlei systematische fouten — o.m. als gevolg van een ongunstige opstelling van de antenne — geïntroduceerd kunnen worden.

De vergelijkingsfrequentie  $F$  is steeds met grote nauwkeurigheid bekend of kan met daartoe geschikte instrumenten gemeten worden. Indien nu  $b$  uit een terrestrische triangulatie bekend is, kan  $V$  berekend worden m.b.v. formule 12.5.3.1a. De betrouwbaarheid van de aldus gevonden  $V$  is uiteraard afhankelijk van de eenvormigheid — voor hydrografische toepassingen bij voorkeur over zee — van het tussen A en B liggende terrein.

Ten aanzien van de phase en het phaseverschil wordt het volgende opgemerkt.

De onder 1, 2 en 3 genoemde foutenbronnen hebben hierop geen invloed, doch het onder 4 genoemde effect heeft een belangrijke invloed op de phase.

De door de zender uitgestraalde energie is n.l. van tweeërlei aard; men heeft de *stralingsgolf*, welke de energie in de ruimte verbreidt en de *inductiegolf*, welke ontstaat tengevolge van door de stralingsgolf in de grond en in de grondmat ge-

induceerde energie. In de onmiddellijke omgeving treden daardoor de verschijnselen op, welke in fig. 12.15 zijn geïllustreerd. De phase van de inductiegolf is ter plaatse van de zender  $180^\circ$  verschoven (vertraagd) t.o.v. die van de stralingsgolf. Deze phaseverschuiving is veranderlijk en bedraagt  $90^\circ$  op een afstand van ongeveer  $0,16 \lambda$  ( $\lambda =$  golflengte van de uitgezonden golf) en vermindert daarna nog verder, om op ongeveer  $0,4 \lambda$  asymptotisch te naderen tot  $0^\circ$ . De phase van de stralingsgolf ondergaat ter plaatse van de zender geen verandering, doch ondervindt op grotere afstand eveneens een vertraging; deze vertraging nadert asymptotisch tot  $180^\circ$  en heeft dit bedrag practisch bereikt op een afstand van  $1 \times \lambda$  vanaf de zender.

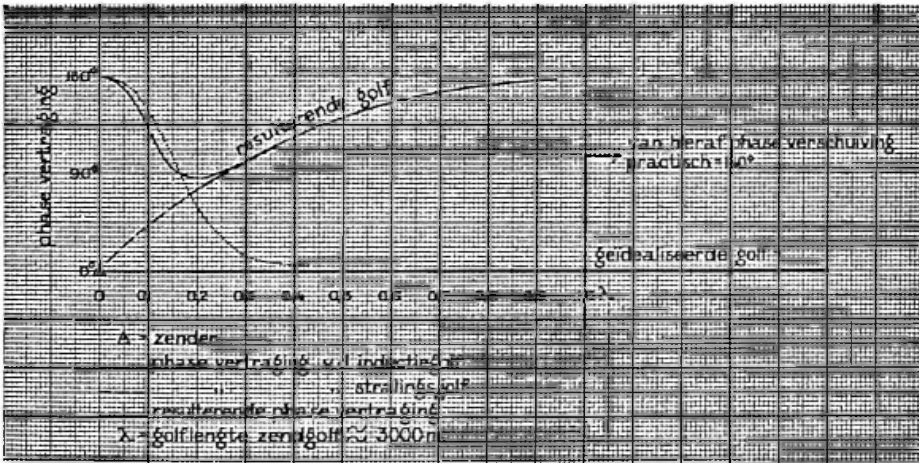


Fig. 12.15

In tegenstelling met die van de stralingsgolf, is de energie van de ter plaatse van de zender overheersende inductiegolf zeer snel uitgeput. De resulterende phasevertraging kan daarom voorgesteld worden door een kromme van het type van de in fig. 12.15 volgetekende lijn.

De horizontale lijn in fig. 12.15 door de zender, kan men beschouwen als een geidealiseerde golf, d.w.z. een golf, welke t.a.v. de phase verkeert in de omstandigheden welke in de figuren 12.14 en 12.8 werden verondersteld (openvolgende stralen van de cirkels steeds toenemende met  $1 \lambda$ ). Uit fig. 12.15 blijkt, dat op afstanden groter dan  $1 \lambda$  de werkelijke (resulterende) golf een constant bedrag van  $180^\circ$  — het verschil met  $180^\circ$  is te verwaarlozen t.o.v. de meetnauwkeurigheid — verschoven is.

Aangezien het bovenstaande geldt voor alle zenders, wordt het *phaseverschil* — en dit is het enige dat van belang is in de berekening van een Decca-patroon — hierdoor niet beïnvloed, vooropgesteld, dat men een gebied met een straal van  $1 \lambda$  rond de zenders uitzondert van de berekening en waarneming.

Opgemerkt wordt nog, dat de vorm van de in fig. 12.15 getekende krommen afhankelijk is van het geleidingsvermogen van de grondmat; onafhankelijk daarvan is de phasevertraging op een afstand van  $1 \lambda$  echter practisch  $180^\circ$  geworden.

Een verder punt dat van belang is bij de berekening van L m.b.v. formule 12.5.1.4d, is de kromming van de baan, d.i. de kromming van de lijnen  $b'_R$ ,  $b'_G$ ,  $l'_R$ ,  $l'_M$  en  $l'_G$  in fig. 12.9.

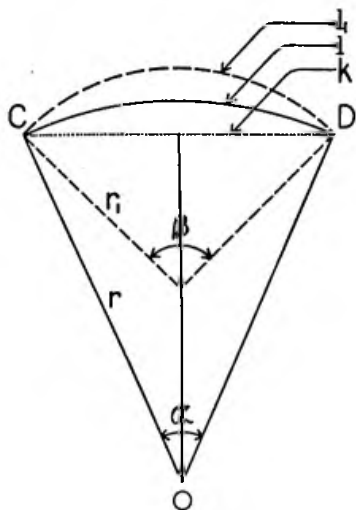


Fig. 12.16

Voor golven van de lengte zoals bij Decca gebruikelijk, is die kromming nagenoeg dezelfde als die van het aardoppervlak. De baan mag benaderd worden door een cirkelboog. De kromtestraal van die boog is bij de lange Decca-golven slechts in geringe mate afhankelijk van meteorologische omstandigheden, dit in tegenstelling met lichtstralen, waarbij in abnormale gevallen zelfs negatieve kromming kan optreden.

In fig. 12.16 is C een zender en D een ontvanger, beide op zeeniveau; bij kaarteringstoepassingen is CD niet groter dan enkele honderden kilometers, zodat hoek  $\alpha$  klein is. De normale baan van de radiogolf wordt voorgesteld door de cirkelboog  $l$ , waarbij O het middelpunt is van de voor het gedeelte CD bolvormig veronderstelde aarde. De boog  $l_1$  stelt een abnormale baan voor, n.l. een cirkelvormige baan met straal  $r_1$ ; de abnormaliteit is steeds zo gering, dat ook  $\beta$  een kleine hoek is.

Nu is:

$$\left. \begin{aligned} l_1 &= k + \frac{k^3}{24r_1^2} + \dots = k + \frac{k^3}{24r^2} \times \frac{r^2}{r_1^2} + \dots \\ l &= k + \frac{k^3}{24r^2} + \dots \end{aligned} \right\}^1$$


---


$$\Delta l = l_1 - l = \frac{k^3}{24r^2} \left( \frac{r^2}{r_1^2} - 1 \right) + \dots$$

Voor de kleine afstand CD is  $k \approx l$ , zodat:

$$\Delta l \approx \frac{l^3}{24r^2} \left( \frac{r^2}{r_1^2} - 1 \right) \text{ of:}$$

$$\frac{\Delta l}{l} \approx \frac{l^2}{24r^2} \left( \frac{r^2}{r_1^2} - 1 \right)$$

De laatste formule geeft in de vorm van een breuk de verhouding tussen de fout tengevolge van een abnormale kromming en de afstand zender-ontvanger; numerieke waarden worden in nevenstaande tabel gegeven.

| l<br>in kilometers | $\frac{\Delta l}{l}$ |                     |
|--------------------|----------------------|---------------------|
|                    | $\frac{r}{r_1}$      |                     |
|                    | 1,1                  | 1,2                 |
| 100                | $\frac{1}{430.000}$  | $\frac{1}{218.000}$ |
| 200                | $\frac{1}{114.000}$  | $\frac{1}{55.000}$  |
| 300                | $\frac{1}{51.000}$   | $\frac{1}{24.000}$  |

<sup>1)</sup> Afleiding van deze formules in par. 12.5.6.4.

Een abnormale baan, beantwoordende aan de verhouding  $\frac{r}{r_1} = 1,1$ , is reeds buitengewoon onwaarschijnlijk, zodat het effect van een kleinere of veel kleinere orde van grootte is dan dat tengevolge van andere, reeds genoemde onzekerheden.

Bij radiogolven van de bij Decca gebruikte lengte ligt de kromtestraal op hoogten van 0 tot 6000 meter zeker ruimschoots binnen de grenzen van 1,0 r en 1,1 r.

### 12.5.3.2 Indirecte golf

Voor de indirecte — door de Kennely-Heaviside lagen gereflecteerde — golf gelden dezelfde eigenschappen als voor de directe golf. Reeds is opgemerkt, dat er geen sprake is van een spiegeling in mathematische zin, doch dat de golf min of meer geleidelijk omgebogen wordt. Bij de reflectie treedt zowel een phaseverandering, als een energieverlies op. Beide zijn (bij Deccagolven) van steeds wisselende grootte, aangezien zowel de ionisatietoestand als de hoogte van de laag aan veranderingen onderhevig zijn. Reflecties van Decca-golven hebben in hoofdzaak plaats op een hoogte van 70 à 80 kilometer, dat is dus tussen de D- en E-lagen (fig. 12.2); het reflectievermogen is overdag zeer veel geringer dan des nachts.

Het reflectievermogen wordt uitgedrukt door de z.g. *reflectiecoëfficiënt*; de gemiddelde waarde is bij voldoende hoge zonnestand (iets van de orde van  $10^\circ$ ) gelijk aan 0,05, terwijl de gemiddelde nachtwaarde 0,25 bedraagt; een reflectiecoëfficiënt = 1 zou uitdrukken, dat de reflectie volledig is.

De ter plaatse van de ontvanger nog resterende energie van de golf (= *veldsterkte*), wordt uitgedrukt in microvolts per meter =  $\mu$  V/m; de ontvangen energie is ruwweg evenredig met de lengte van de (verticale) antenne, vandaar dat de energie wordt uitgedrukt in  $\mu$  V per meter. Fig. 12.17 geeft de energie op verschillende afstanden tot de zender, zowel voor de directe golf, als voor gereflecteerde golven bij verschillende reflectie-coëfficiënten en voor een zendenergie van 1 kW (gebruikelijke survey zenders: 600 Watt); de krommen zijn getekend voor een zendfrequentie van 100 kc/s; de voor de verschillende Decca-frequenties geldende krommen wijken daarvan slechts weinig af. De logaritmische verticale schaal heeft geen andere betekenis dan een verkorting van de verticale afmetingen van het diagram. De veldsterkte is voor de verschillende door Decca gebruikte frequenties — 71, 85, 113 en 127 kc/s — niet precies, doch wel zeer ten naaste bij gelijk; de getekende krommen gelden voor 100 kc/s.

Uit fig. 12.17 blijkt het volgende:

*Overdag* bereiken directe en indirecte golf een gelijke veldsterkte op 1300 à 1400 kilometer vanaf de zender; op kortere afstand overheerst de directe golf en op langere afstand de indirecte.

Op 300 km afstand is de veldsterkte  $825 \mu$  V/m voor de directe golf en  $90 \mu$  V/m voor de indirecte.

Op een afstand van 100 km wordt voor die waarden resp. 3000 en  $75 \mu$  V/m gevonden.

*Des nachts* is de veldsterkte van de directe en van de indirecte golf gelijk op een afstand van ongeveer 500 km.

Op 300 km afstand is de veldsterkte van de directe golf  $825 \mu$  V/m en die van de indirecte golf  $480 \mu$  V/m.

Op een afstand van 100 km zijn die waarden resp.  $3000 \mu$  V/m en  $360 \mu$  V/m.

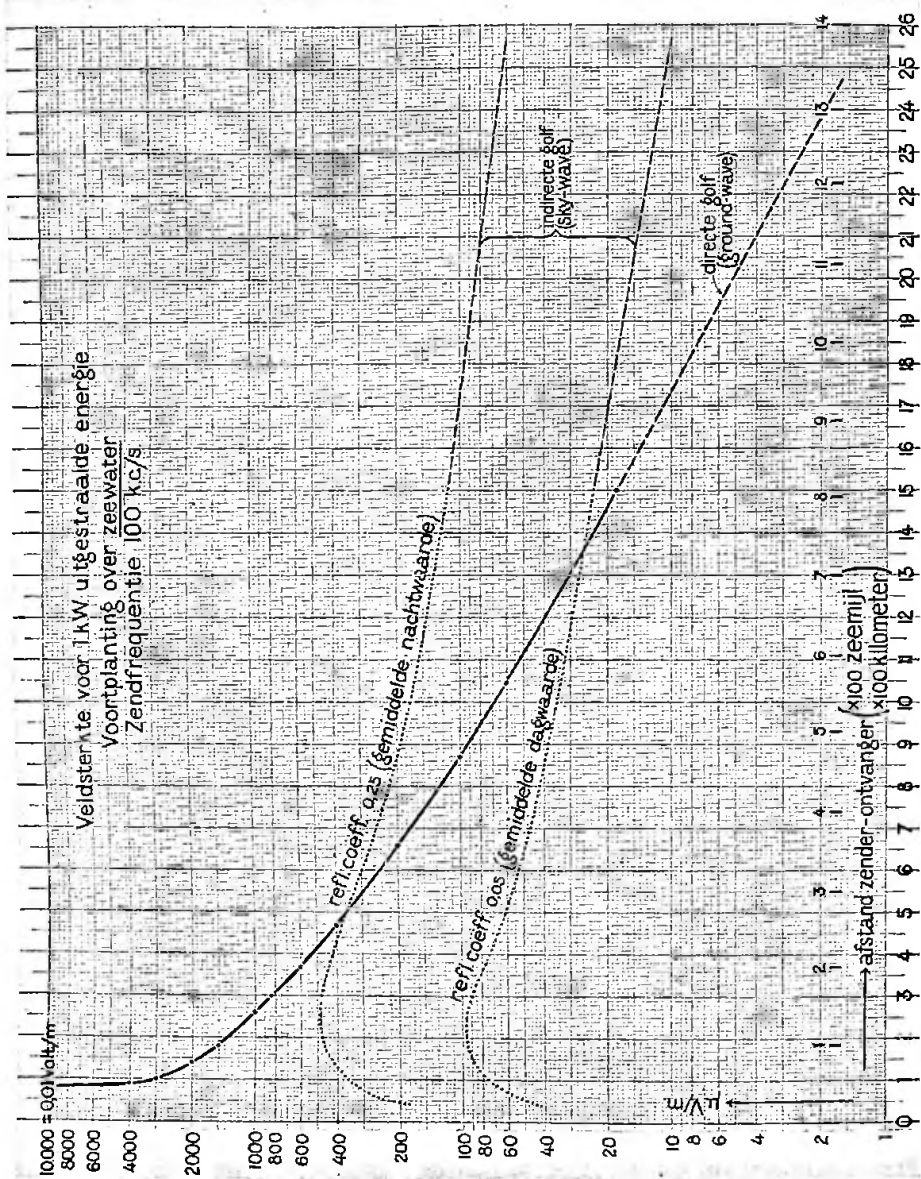


Fig. 12.17

De Decca-ontvanger reageert op de resultante van de directe en indirecte golf met het hieronder vermelde gevolg.

Ter plaatse van de ontvanger zal de indirecte golf — zowel tengevolge van de faseverandering bij de reflectie als tengevolge van de langere afgelegde weg — in een andere phase aankomen dan de directe golf; de phase van de indirecte golf zal bovendien veranderlijk zijn tengevolge van de nimmer constante eigenschappen van de ionosfeer. Dit geldt uiteraard voor beide indirecte golven van een zender-combinatie M met R, G of P.

De Decca-ontvanger is echter niet in staat onderscheid te maken tussen directe en indirecte golven en meet dus het phaseverschil tussen de resultanten van de beide (eventueel meerdere, als er meerdere reflecties plaats hebben; zie fig. 12.2) golven van een zender.

Het effect is voorgesteld in fig. 12.18. Daarin worden de veldsterkten van directe en indirecte golf resp. voorgesteld door de vectoren  $V$  en  $v$ , welke op een willekeurige, doch gelijke, schaal de veldsterkten voorstellen. Het phaseverschil tussen directe en indirecte golf wordt (voor een willekeurig tijdstip) voorgesteld door de hoek  $\alpha$  in  $Z$  tussen de beide vectoren. Richting en lengte van de vector  $V$  blijven uiteraard constant, doch tengevolge van de instabiliteit van de ionosfeer zal de lengte van de vector  $v$  enigszins kunnen veranderen en de hoek  $\alpha$  tussen de beide vectoren bovendien alle waarden van 0 tot  $360^\circ$  kunnen doorlopen. De resultante van beide is kennelijk de vector  $U$  en de resulterende phase is de phase van de directe golf  $\pm$  een variabele hoek  $\nu$ ; de maximale waarde van  $\nu$  — dat is dus de *maximale phasefout* t.o.v. de voor de directe golf berekende phase — is afhankelijk van de verhouding tussen  $v$  en  $V$ ; de absolute grootte van de vector  $U$  (de resulterende veldsterkte) speelt bij Decca geen verdere rol.

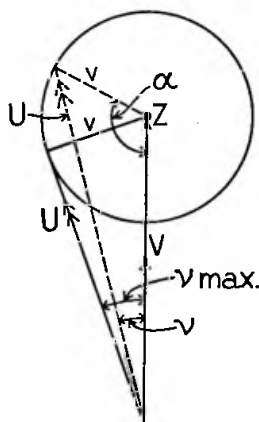


Fig. 12.18

Voor een plaatsbepaling worden steeds ten minste 2 combinaties gebruikt, b.v. Rood en Groen. Beide hebben de Master gemeenschappelijk en het is dan ook niet te verwonderen, dat de fouten  $\nu_R$  en  $\nu_G$  dikwijls — hoewel niet altijd — met hetzelfde teken optreden. In het uitzonderingsgeval dat  $\nu_R$  en  $\nu_G$  even groot zijn en tevens met gelijk teken optreden, zal het door de decometers aangegeven phaseverschil niet afwijken van het phaseverschil geldende voor de directe golven.

In het zojuist genoemde *dag*voorbeeld op 300 km is  $V = 825$  en  $v = 90$  eenheden. Uit fig. 12.18 blijkt, dat in dat geval  $\sin \nu_{\max} = \frac{90}{825}$ , waaruit volgt:  
 $\nu_{\max} = 6^\circ,4$  of  $\frac{6,4}{360} = 0,018$  lane (overdag; afstand  $\approx 300$  km).

Aangezien dit een maximum bedrag is voor 1 zender en aangezien dit soort fouten gedeeltelijk tegen elkaar kan wegvallen, volgt hieruit dat overdag geen ernstige storende fouten te verwachten zijn als men het effect van de indirecte golf buiten beschouwing laat.

Voor kaarteringstoepassingen wordt het Decca systeem alleen overdag gebruikt. Volledigheidshalve zal vermeld worden welke fouten *des nachts* bij een navigatie-chain kunnen optreden.

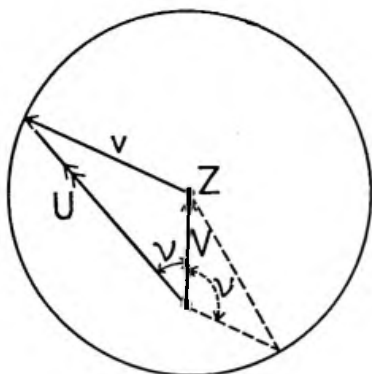


Fig. 12.19

Zodra  $V$  kleiner wordt dan  $v$  — dat is des nachts op afstanden groter dan ongeveer 500 km — zal ook de hoek  $\nu$  alle waarden van  $0^\circ$  tot  $360^\circ$  kunnen doorlopen, zoals uit fig. 12.19 blijkt. Het gevolg is dat dan de phasemeter een volle omwenteling kan maken, zonder dat de waarnemer zich van de éne lane naar de andere verplaatst heeft. Aangezien de lane-nummer wijzer aan de eerste gekoppeld is, zal deze een verkeerd lane-nummer aanwijzen. Het is o.m. om deze reden, dat het lane-identification systeem is ingevoerd, waarbij echter moet opgemerkt worden, dat dit systeem op afstanden van meer dan 500 km (nog) niet altijd feilloos werkt.

#### 12.5.4 Werkingsgebied

#### 12.5.4.1 *Directe en indirecte golf*

Iedere radio-ontvanger heeft een zekere *eigenruis*, veroorzaakt door bepaalde electrische eigenschappen van de ontvangbuizen en door niet ideale contacten: het is technisch niet mogelijk deze eigenruis tot nul te reduceren. Bovendien is er steeds een zekere mate van *atmosferische ruis*, welke uiteraard niet geëlimineerd kan worden, doch wel binnen zekere grenzen beperkt door het gebruik van een *filter*, welke slechts een zeer nauwe band — bij Decca-ontvangers 30 cycles — doorlaat; de atmosferische ruis is in de tropen veel sterker dan in de gematigde luchtstreken. Het gezamenlijke effect demonstreert zich als het „zoemen” — niet te verwarren met het „kraken” tengevolge van luchtstoringen — van een ontvangtoestel, zonder dat dit op een bepaalde zender is afgestemd.

Een Decca-ontvanger zal uiteraard alleen goed functioneren, als de phase-meters bekrachtigd worden door een stralings-energie van een zekere minimum veldsterkte (Eng.: minimum „torque” op de meters); het niveau van de opgevangen stralings-energie moet daarom steeds hoger liggen dan dat van de totale ruis ter plaatse van ontvangst. Zoals in par. 12.5.3.2 reeds werd opgemerkt, is de opgevangen stralingsenergie ruwweg evenredig met de lengte van de ontvangantenne; voor de totale ruis — welke bestaat uit de constante eigenruis en de zowel van lokale atmosferische omstandigheden als van de lengte van de ontvangantenne afhankelijke atmosferische ruis — geldt, dat zij in mindere mate stijgt, naarmate de antenne langer is, zodat door langere antennes een grotere stralingsenergie wordt opgepikt.

Op een reis naar Groenland werd geconstateerd, dat *overdag* nog voldoende bekrachtiging van de decometers plaats had tot op een afstand van 1400 zeemijl vanaf de Engelse en Deense navigatie-chains, beide werkende met een stralings-energie van ongeveer 1 kW. Blijkens fig. 12.17 komt dit overeen met  $10 \mu \text{ V/m}$ . De gebruikte ontvangerantenne was een verticale draad van 20 meter lengte, doch aangezien zowel de stralingsenergie als totale ruis (zeer) ruwweg evenredig zijn met de antennelengte, volgt uit deze waarnemingen, dat in de gematigde luchtstreken een minimum energie van ongeveer  $10 \mu \text{ V}$  nodig is om de Decca ontvanger behoorlijk te doen werken.

Zoals gezegd, is de atmosferische ruis in de tropen belangrijk sterker. Blijkens in Borneo en in Sumatra (1948) genomen proeven moet de benodigde ontvang-energie in de tropen op ongeveer  $30 \mu V$  gesteld worden.

Op grond van het bovenstaande en aan de hand van fig. 12.17 kan het werkingsgebied van een Decca Chain (1 kW-stralingsenergie) bij een lengte van de ontvang-antenne van tenminste 15 meter, als volgt geraamd worden.

| Tijd              | Werkinggebied in km (zm) |               |            |               |
|-------------------|--------------------------|---------------|------------|---------------|
|                   | Gematigde luchtstreken   |               | Tropen     |               |
|                   | direct                   | indirect      | direct     | indirect      |
| Overdag . . . . . | 1750 (950)               | 2600 (1400)   | 1300 (700) | 1200 (650)    |
| Nacht . . . . .   | 1750 (950)               | > 2600 (1400) | 1300 (700) | > 2600 (1400) |

Het werkingsgebied kan uiteraard worden vergroot door de zendenergie op te voeren; de veldsterkten voor een stralingsenergie van 2 kW zouden b.v. voorgesteld worden door de verticale schaal in fig. 12.17 met 2 te vermenigvuldigen.

Bovenstaande tabel is slechts gegeven ter illustratie van de wijze waarop de figuur geïnterpreteerd moet worden. De praktisch bruikbare werkingssfeer is echter aanmerkelijk kleiner. Tengevolge van de instabiliteit van de fase van de indirecte golf, waardoor de reeds genoemde lane-slips kunnen optreden, dient het gebruik beperkt te worden tot de afstanden waarop de veldsterkte van de directe golf groter is dan die van de indirecte; de praktische grens is zodoende iets links van de snijpunten van de getekende krommen, welke snijpunten uiteraard niet naar rechts verlegd worden door de energie op te voeren. Het Decca-systeem is dan ook in de beschreven vorm ongeschikt voor plaatsbepaling op zeer grote afstanden. Reeds genomen proeven hebben aangetoond, dat men de moeilijkheden met de instabiliteit van de indirecte golf kan ontgaan door het gebruik van een zendfrequentie van ongeveer 14 kc/s, inplaats van de thans gebruikte frequenties in de buurt van 100 kc/s; een dergelijk systeem is in de toekomst bestemd om te dienen voor „long-range” navigatie, doch valt als zodanig buiten het bestek van dit boek.

Zoals uit de in par. 12.5.11 te geven voorbeelden zal blijken, is de praktische werkingssfeer van een Decca survey chain overdag beperkt tot afstanden van ongeveer 600 km, althans voor zover die werkingssfeer afhankelijk is van de onderlinge verhouding tussen de veldsterkten van directe en indirecte golf; nachtelijke toepassing heeft bij kaarteringswerk geen praktische betekenis, zoals in par. 12.5.11 nader — en op andere gronden — zal worden aangetoond.

#### 12.5.4.2 *De meetkundige eigenschappen van twee elkaar snijdende hyperbolische patronen*

Zoals uit fig. 12.8 gemakkelijk is in te zien, is de spreiding van de hyperbolen sterker, naarmate de basislijn korter is. Bij een korte basis neemt de met form.



12.5.1.7a te berekenen lane-breedte dan ook snel toe tengevolge van de voor een gelijke afstand tot de zenders kleinere waarde van  $\sin \frac{\theta}{2}$ .

Op de decometers wordt het phaseverschil — onafhankelijk van de afstand — uitgedrukt in honderdsten van lanes; hoe breder de lanes zijn, des te groter is  $\frac{1}{100}$  lane, uitgedrukt in terrestrische afstand. Zo klein mogelijke spreiding, dus zo lang mogelijke

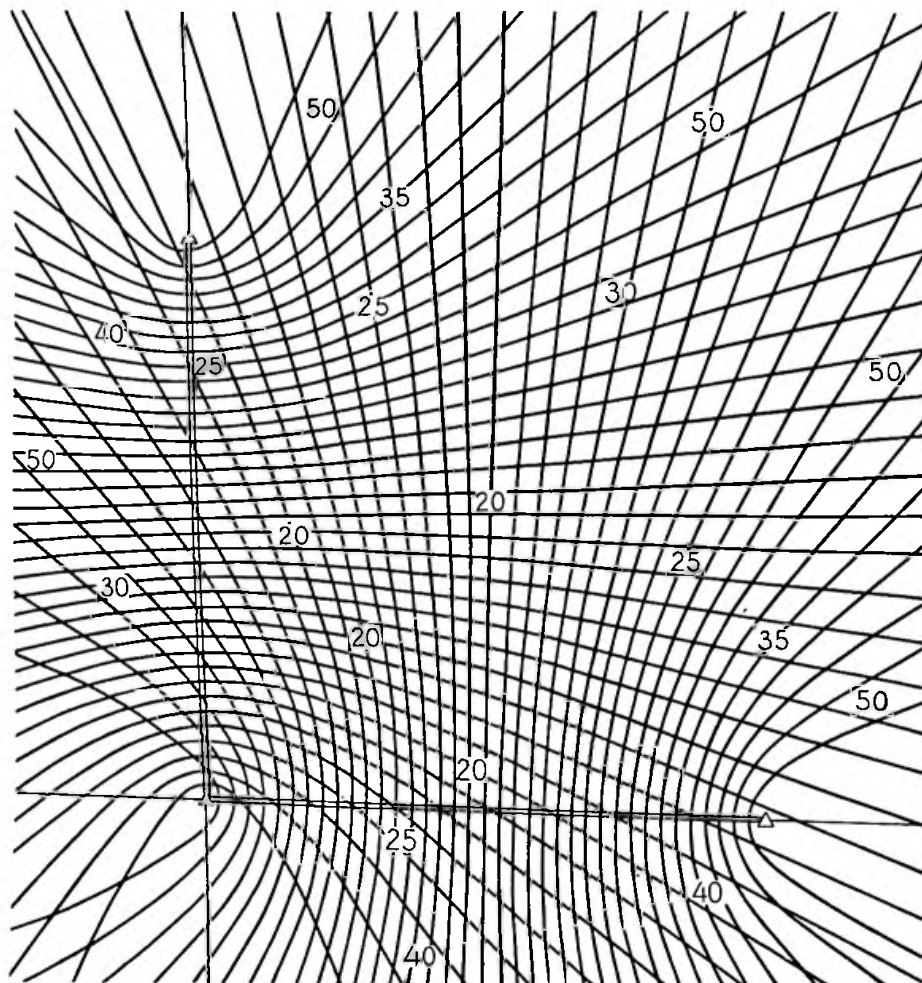


Fig. 12.20

basislijn, is daarom gewenst ter verhoging van de terrestrische nauwkeurigheid. Ten aanzien van de maximaal bruikbare basislengte wordt echter een grens gesteld

door de eis van synchronisatie van de Slave met de Master. Er moet n.l. zekerheid bestaan, dat het „overbrengen” van de phase van de Master naar de Slave niet verstoord kan worden door effecten van de indirecte golf. Bij een *survey-chain*—toepassing alleen overdag en uitgezonden energie  $\approx 600$  Watt — zal de basislijn tussen 100 en 300 kilometer kunnen liggen; afhankelijk van omstandigheden en vooropgesteld dat de voortplanting over zee plaats heeft. Een *navigatie-chain* zal ook des nachts gebruikt worden en bij gelijke nauwkeurigheid zouden de bases daar korter moeten zijn; aangezien men voor dat doel echter lagere nauwkeurigheidseisen stelt, lijkt iets van de orde van 300 km ook daar de bovenste grens van de basislengte.

Bij gegeven basislengten is de snijdingshoek tussen de hyperbolen afhankelijk van de hoek in de Master tussen de beide basislijnen. Voor kaarteringstoepassingen wordt als regel slechts een goede snijding nagestreefd aan de zeezijde; fig. 12.20 geeft een opstelling, waarbij de snijdingshoek over een groot gebied gunstig is; het aantal 0-hyperbolen is in werkelijkheid aanmerkelijk groter dan in de figuur is aangegeven; de ingeschreven getallen geven de te verwachten nauwkeurigheid in de plaatsbepaling (fix), uitgedrukt in meters. Hoewel de keuze van de opstellingsplaats in de practijk zelden vrij zal zijn, dient men daaraan, in verband met de meetkundige eigenschappen van de geproduceerde patronen, zeer ernstig aandacht te besteden.

De te verwachten middelbare fouten in de plaatsbepaling uit 2 hyperbolen worden besproken in par. 12.5.7.

#### 12.5.4.3 *Physische en kunstmatige interferentie*

Physische interferentie wordt algemeen samengevat onder de naam *luchtstoringen*. De normale atmosferische electriciteit is één van de bronnen van de in de ontvanger bestaande ruis; abnormale elektrische verschijnselen, waaronder elektrische ontladingen in dichtbij, doch ook in zeer ver verwijderde, onweersbuien de hoofdrol spelen, zijn dikwijls van een veel grotere sterkte dan de zendgolf, welke men wenst te ontvangen. De (trillings)frequentie van deze elektrische storingen kan de meest uiteenlopende waarden hebben, m.a.w. luchtstoringen worden geproduceerd op alle golflengten. Men kan deze storingen niet beletten het ontvangstkanaal binnen te dringen, doch hun totale effect kan beperkt worden door de bandbreedte van de ontvanger door een z.g. filter te vernauwen. Het is één van de voordelen van een op continue ongedempte golf werkende systemen, dat deze ontvangstband zeer smal kan zijn; zoals reeds is opgemerkt, is zij bij de Decca-ontvanger slechts 30 cycles. De luchtstoringen — voorzover zij althans door dit nauwe kanaal binnendringen — beïnvloeden de juiste werking van de phaseverschilmeters slechts in zeer geringe mate en alleen in de onmiddellijke nabijheid van een zwaar onweer. De phase-verschilmeting geschiedt namelijk a.h.w. op iedere golftop en deze liggen bij een vergelijkingsgolflengte van 1000 meter slechts  $1/300\,000$  tijdseconde uit elkaar. Een binnendringende elektrische ontlading van een duur van 0,5 seconde zal de phaseverschilmeting gedurende een halve seconde onmogelijk maken. De voor navigatie- en hydrografische toepassingen gebruikte decometers zijn echter van een zodanige vertraging in de registratie voorzien, dat zij in die korte periode niet reageren. Tussen de verschillende atmosferische ontladingen zal steeds tijd genoeg zijn om de decometers de juiste stand te doen innemen. Aangezien de duur van ontladingen,

sterker dan de zendgolf, als regel veel korter is dan 0,5 seconde en aangezien zij met betrekkelijk grote tussenpozen optreden, wordt van luchtstoringen in feite geen hinder ondervonden.

Bij luchtkaarteringstoepassingen dient de decometer veel sneller te reageren en past men daar een kortere vertraging, benevens andere hulpmiddelen toe om het effect van luchtstoringen te elimineren. Bovendien vindt luchtkaartering niet plaats te midden of in de onmiddellijke nabijheid van een onweersbui.

Een ander soort van fysische interferentie wordt veroorzaakt door de ontvangst van door aardse voorwerpen gereflecteerde golven (de interferenties tengevolge van reflecties tegen de ionosfeer zijn reeds afzonderlijk behandeld). In par. 12.2.1 is reeds medegedeeld, dat dit soort reflecties bij Decca niet te vrezen is.

Boven zwaar geaccidenteerd terrein moet de vlieghoogte bij luchtkaartering in sommige gevallen meer dan 3000 meter ( $1 \times \lambda$ ) boven de grond zijn; voor luchtvaartnavigatie speelt deze foutenbron geen praktische rol.

Ten slotte kunnen onder fysische interferentie nog gerangschikt worden magnetische storingen (deze houden verband met de zonnevlekken en het noorderlicht). Deze en soortgelijke verschijnselen zijn merkbaar op uiteenlopende golflengten; op korte golf kunnen zij aanmerkelijk storen, doch op de bij Decca gebruikte golflengte is de storende energie te gering om merkbaar te zijn.

Deze verschijnselen kunnen wel het reflectie- en geleidingsvermogen van de ionosfeer beïnvloeden, doch de werkingssfeer van een survey chain is steeds zodanig, dat alleen de niet merkbaar beïnvloede directe golf gebruikt wordt.

Kunstmatige interferentie (man-made interference) kan veroorzaakt worden door andere radiozenders, welke op dezelfde golflengte werken. De kansen hierop zijn klein in verband met de internationaal geregelde toewijzing van de frequenties en worden bij Decca nog verder verkleind door de smalle band van de ontvanger. Een andere zender, binnen één van de 30 cycles brede Decca-ontvanger banden werkende, zal — bij vergelijkbare veldsterkte — het betreffende patroon volkomen verstoren; werkt die zender op de golflengte van de Master, dan worden alle patronen gestoord. Vóórdat men een Decca-survey chain bestelt, dient men zich dan ook bij de P.T.T. terdege op de hoogte te stellen van de voor andere doeleinden reeds toegewezen frequenties (dit geldt uiteraard ook voor alle andere systemen); men kan dan daarmede rekening houden met het vaststellen van de basisfrequentie — welke slechts in de buurt van 14 kc/s behoeft te liggen — waarvoor de zenders geconstrueerd zullen worden.

Op de storingsmogelijkheden in oorlogstijd (jamming) kan hier niet worden ingegaan. Vermeld zij slechts, dat iedere vorm van radiocommunicatie gestoord kan worden. Storing door de tegenpartij kan niet belet worden; de kansen op effectieve storing acht men echter om verschillende redenen zó gering, dat men Decca geschikt acht voor verschillende toepassingen in oorlogstijd. Systemen zijn ontwikkeld, waarbij een eigen stoorzender de Decca-patronen volkomen vervormt en daardoor onbruikbaar maakt voor de tegenpartij; bepaalde voorzieningen in de eigen ontvangers kunnen dan het storende effect weer te niet doen.

Een andere vorm van kunstmatige interferentie kan gelegen zijn in aan boord van het schip geïnstalleerde elektrische instrumenten. Op een opnemingsvaartuig zal zij zelden voorkomen en kan dan in ieder geval door eenvoudige afschermingsmaatregelen te niet worden gedaan; de op een oorlogsschip aanwezige radarinstallaties van zeer groot vermogen, kunnen de juiste werking van Decca echter zeer ongunstig beïnvloeden en wel in die zin, dat het in sommige gevallen onmogelijk kan zijn beide tegelijkertijd te gebruiken.

Bij Decca-waarnemingen aan de wal kan het Decca-patroon ernstig verstoord worden door bovengrondse hoog- of laagspanningsleidingen op afstanden korter dan enkele honderden meters. Ook bepaalde objecten, zoals ijzeren bruggen en ijzerdraad afrasteringen — laatstgenoemde vooral als zij over een lengte gelijk aan de halve golflengte of een veelvoud daarvan op houten paaltjes geïsoleerd zijn opgesteld en aldus als een ontvangende en weer uitstralende antenne werken — kunnen de nauwkeurigheid van de waarneming ernstig beïnvloeden. De invloed van bomen op in een bos verrichte waarnemingen en de methode waarop die invloed te niet gedaan kan worden, wordt besproken in par. 12.5.8. De in deze alinea genoemde storingen zullen echter zelden van betekenis zijn bij hydrografische toepassingen.

#### 12.5.4.4 *Samenvatting*

Voor de practisch bruikbare werkingsfeer van een *survey chain* — een navigatiesysteem blijft hier buiten beschouwing — kan geen scherp omschreven grens worden genoemd. Indien bij de opstelling op deskundige wijze rekening gehouden is met de talrijke factoren welke de werking ongunstig kunnen beïnvloeden, kan zij voor toepassingen *overdag* gesteld worden op iets van de orde van 600 kilometer voor de afstand van de ontvanger tot de verst verwijderde zender; de meetkundige eigenschappen van de patronen (snijdingshoek der hyperbolen) zullen nauwkeurige plaatsbepaling echter in sommige gevallen beperken tot afstanden van ongeveer 300 à 400 kilometer.

### 12.5.5 Triangulatie m. b. v. Decca

In par. 12.5.1.8 en in par. 12.5.3.1 is beschreven hoe men het aantal lanes op een basislijn bepaalt. Uit formule (12.5.3.1a) volgt:

$$b = \frac{nV}{2F} \quad (12.5.5a)$$

Indien  $n$  op de beschreven wijze bepaald wordt en  $V$  en  $F$  bekend zijn, kan dus de lengte van de basis m.b.v. form. (12.5.5a) berekend worden. Zoals in par. 12.5.7 zal blijken, kan  $n$  met grote nauwkeurigheid bepaald worden en is  $F$  binnen zeer nauwe grenzen bekend. Voor  $V$  dient men de best bekende waarde te gebruiken; bij voorkeur zal men een waarde van  $V$  gebruiken, welke vroeger in een soortgelijk terrein is bepaald op een nauwkeurig bekende basis (form. 12.5.3.1a); is dit niet kunnen geschieden, dan gebruikt men voor  $V$  over water de reeds genoemde waarde van  $299680 \times 10^3$  m/sec. (Bij een basislijn over land kan men bij Decca niet rekenen op resultaten van zeer hoge nauwkeurigheid). De fouten in  $n$  en in  $F$  zijn zó gering, dat feitelijk alleen de fout in de voor  $V$  aangenomen waarde een rol speelt met betrekking tot de nauwkeurigheid waarmee men  $b$  kan bepalen; afgezien van de

## § 12.5.5

kleine fouten in  $n$  en in  $F$ , is dus de fout in  $b$  evenredig met die in de gebruikte waarde van  $V$ , welke blijktens par. 12.5.3.1 voor voortplanting over water van de orde is

$$\text{van } \frac{1}{50.000}$$

Een foutieve waarde van  $V$  — mits constant binnen de werkingssfeer — heeft geen invloed op de vorm van het hyperbolische patroon en resulteert uitsluitend in een schaalfout (tot een gelijk bedrag) voor de gehele daarop gebaseerde kaart. Voor verdere beschouwingen aangaande de nauwkeurigheid wordt verwezen naar par. 12.5.7.

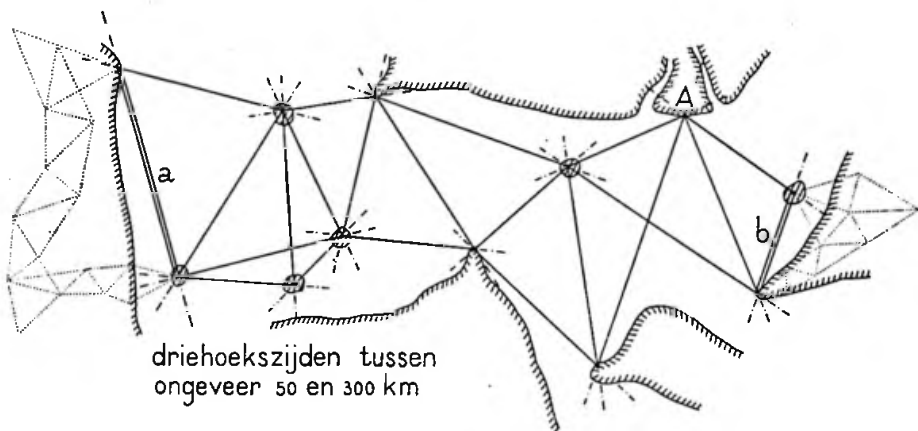


Fig. 12.21

Het Decca-systeem kan dus gebruikt worden voor het meten van de lengten van driehoekszijden, waarbij de hoekpunten gevormd worden door Decca stations. Eén van de eindpunten van een aldus te meten driehoekszijde moet altijd een Masterstation zijn, zodat de Masterzender per driehoek 1 maal verplaatst moet worden, wat echter geen groot bezwaar oplevert, aangezien een Slave in een Master kan worden veranderd door omwisseling van slechts enkele onderdelen van de zender. De methode levert geen mogelijkheid tot het bepalen van het azimuth van een uitgangszijde. Men zal daarom het azimuth op een andere wijze dienen te bepalen, afhankelijk van de plaatselijke mogelijkheden; fig. 12.21 geeft een schets van een hypothetische Decca-triangulatie. In de figuur is aangenomen, dat uitgegaan kan worden van een uit terrestrische triangulatie bekende of af te leiden afstand en azimuth  $a$ ; dit levert tevens de mogelijkheid om de juiste waarde van  $V$  te bepalen. De hoekpunten worden zoveel mogelijk gekozen op eilanden of op uitspringende landhoeken, er daarbij zoveel mogelijk voor zorgdragende, dat de basisverlengden, waarop  $n$  geteld moet worden, over water komen te liggen. Is dit laatste niet het geval, zoals b.v. bij het punt A, dan is open en met gras begroeid land of al of niet begroeid moerasterrein met rivieren (welke het opvaren voor het tellen van  $n$  vereenvoudigen) gunstig. Bij het tellen van  $n$  moet de *minimum* afstand tot de zender 3000 meter bedragen (par. 12.5.3.1); grotere afstanden vormen geen bezwaar.

In fig. 12.21 is tenslotte verondersteld, dat afsluiting op een uit terrestrische triangulatie bekende basis  $b$  mogelijk is.

Het bepalen van de hoek tussen 2 aansluitende basislijnen van bekende lengte, is als volgt mogelijk.

In G (fig. 12.22) wordt met behulp van een Decca ontvanger het rode lane-nummer bepaald; de groene zender moet daartoe tijdelijk afgezet worden. Daarna wordt in R het groene lane nummer afgelezen bij afgezette rode zender. Uit deze beide aflezingen en de bekende basislijnen  $b_R$  en  $b_G$  kan de middenhoek  $\gamma$  berekend worden; nadere details worden in par. 12.5.11 gegeven.

Een methode, welke momenteel nog in beproeving is, doch gunstige mogelijkheden voor de toekomst lijkt te beloven, is de volgende toepassing van het zo juist beschreven beginsel van afstandmeting.

In plaats van aan de wal, wordt de Master aan boord van het schip opgesteld; de beide Slaves bevinden zich aan de wal. Op de beide „bases”  $p_R$  en  $p_G$  in fig. 12.23 worden door de zenders nu eveneens hyperbolische patronen geproduceerd, welke patronen echter van vorm veranderen als het schip zich verplaatst; deze hyperbolische patronen worden dan ook niet voor de plaatsbepaling gebruikt. In plaats daarvan bepaalt men het aantal lanes per „basislijn”  $p_R$  en  $p_G$  door middel van gelijktijdige decimeteraflezingen in de punten  $\times$  en  $o$  op de verlengden dier lijnen. Blijkens formule (12.5.5a) is:

$$p_R = \frac{n_R V}{2F_R} \text{ en } p_G = \frac{n_G V}{2F_G}$$

De meetkundige plaatsen van gelijke afstand  $p$  zijn in dit geval cirkels, beschreven rond R en G. De ligging van deze cirkels kan berekend worden en daarna in kaart gebracht.

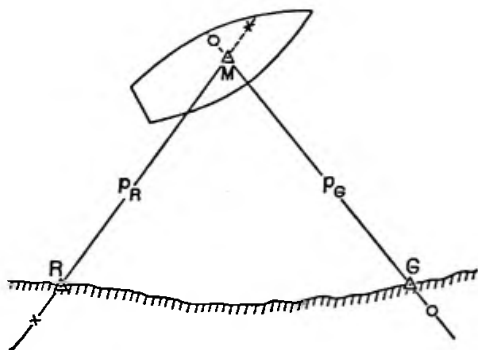


Fig. 12.23

Een phaseverandering van  $360^\circ$  tengevolge van een verandering van de afstand Master-Slave, komt overeen met een afstandverandering ten bedrage van  $\frac{\lambda}{2}$ ; één schaaleenheid van de normale decimeters correspondeert met  $\frac{1}{100} \times \frac{\lambda}{2}$ , doch bij deze toepassing is de afleesschaal verdeeld in eenheden van 5 meter, welke eenheid ongeveer overeenkomt met 0.01 lane van de normale decimeters.

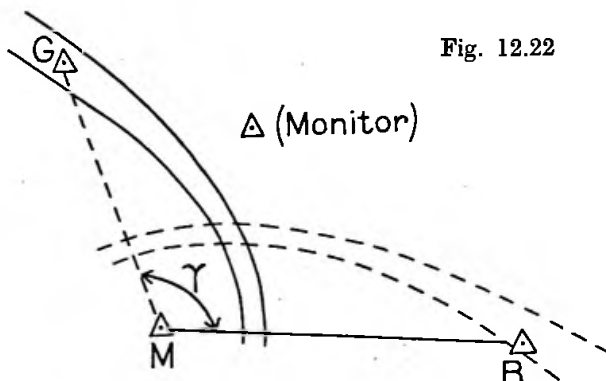


Fig. 12.22

Evenals bij het normale hyperbolische systeem dient het schip uit te gaan van een bekende plaats (zie de toelichting in par. 12.5.1.2 bij fig. 12.4), d.w.z. in dit geval van een bekend aantal eenheden  $n_R$  en  $n_G$ .

Bij deze toepassing van Decca doet zich de moeilijkheid voor, dat de aflezingen van de lane-nummers dienen te geschieden in de op de verlengden van  $p_R$  en  $p_G$  gelegen punten  $\times$  en  $o$ ; bij een zich verplaatsend schip veranderen deze punten steeds van plaats. Bovendien zouden die punten blijkens fig. 12.15 gelegen moeten zijn op een afstand van tenminste  $1 \lambda$  ( $\approx 3000$  meter) vanaf de zender. Dit is aan boord van het schip onmogelijk en — tengevolge van een steeds veranderende richting Master-Slave — praktisch onuitvoerbaar aan de wal. Bij gebruik van een

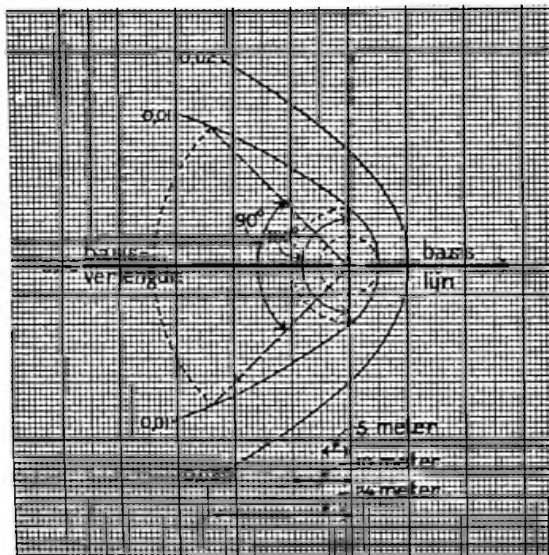


Fig. 12.24

ander type zendantenne is het echter mogelijk gebleken de punten  $\times$  en  $o$  te kiezen op zeer korte afstand vanaf het punt, dat mathematisch beschouwd kan worden als de zender. Zoals uit fig. 12.15 blijkt, overheerst daar ter plaatse de inductiegolf, doch haar phaseverschuiving t.o.v. de stralingsgolf is bekend en kan in rekening gebracht worden in de vorm van een soort indexcorrectie.

Fig. 12.24 is een schetsmatige voorstelling van het verloop van de hyperbool van 0,01 lane in de onmiddellijke omgeving van de zender. Hoewel de figuur geen absoluut zuivere voorstelling van het verloop geeft, kunnen er toch de volgende globale conclusies uit getrokken worden:

1. in een sector van  $360^\circ$  is de afleesfout  $\leq 0,01$  lane, als de waarneming geschiedt in een willekeurig punt op of buiten het basisverlengde, niet meer dan 5 meter verwijderd van de zender;
2. in een sector van  $180^\circ$  is de afleesfout  $\leq 0,01$  lane, als de waarneming geschiedt in een willekeurig punt op of buiten het basisverlengde, niet meer dan 10 meter verwijderd van de zender;
3. in een sector van  $90^\circ$  is de afleesfout  $\leq 0,01$  lane, als de waarneming geschiedt in een willekeurig punt op of buiten het basisverlengde, niet meer dan 24 meter verwijderd van de zender.

Er wordt hier aan herinnerd, dat 0,01 lane bij deze toepassing steeds correspondeert met ongeveer 5 meter.

Deze methode wordt toegepast aan boord van het Britse onderzoekingsvaartuig „Explorer”; de resultaten worden gezegd gunstig te zijn, doch exacte gegevens zijn nog niet bekend.

Een voordeel van deze toepassing van Decca is, dat slechts 2 stations aan de wal geplaatst behoeven te worden, hetgeen aanmerkelijke voordelen kan opleveren in verband met huisvesting van bedieningspersoneel, stroomvoorziening e.d. en in sommige gevallen ook in verband met noodzakelijke bewaking van de stations. Het nadeel is voor sommige toepassingen daarin gelegen, dat aan boord geen antenne-systeem kan opgesteld worden van de omvang van een normale Decca-survey zender. Het noodzakelijkerwijs kleinere antenne-systeem — hetgeen ook nodig is om de metingen zeer nabij de zender te kunnen verrichten — heeft tot gevolg een kleinere werkingssfeer, welke vermoedelijk beperkt is tot 100 à 150 km.

Het is niet ondenkbaar, dat op grond van de door de „Explorer” genomen proeven nog belangrijke wijzigingen in het hier beschreven systeem zullen worden aangebracht, welke het wellicht ook mogelijk zullen maken de werkingssfeer te vergroten.

## 12.5.6 Berekening Decca-patroon

### 12.5.6.1 Algemeen

De berekening van de lanenummers  $L$  geschiedt m.b.v. de formules 12.5.1.4d. Behalve  $F$  en  $V$  moeten daartoe bekend zijn de in figuur 12.9 aangegeven booglengten  $b$  en  $l$ . Deze afstanden kunnen berekend worden als bekend zijn de corresponderende terrestrische afstanden  $b'$  en  $l'$ , de hoogten  $h$  van zenders en ontvanger boven zee-niveau en de kromming van de banen  $b$  en  $l$ ; wat deze laatste betreft is reeds vroeger opgemerkt, dat deze kromming gelijk gesteld mag worden aan de aardkromming, terwijl in par. 12.5.3.1 is aangetoond, dat van fouten in deze veronderstelling geen ernstige gevolgen gevreesd behoeven te worden.

Voor een aantal, systematisch over de kaart verdeelde, punten  $W'$  worden de boogafstanden  $b'$  en  $l'$  berekend uit de geografische coördinaten van de zenders en van die punten  $W'$ . De afstanden  $b'$  en vooral  $l'$  kunnen meerdere honderden kilometers bedragen en als gevolg daarvan zijn de op reeksontwikkeling berustende geodetische formules ter directe berekening van de ellipsoïdeafstanden  $b'$  en  $l'$  gecompliceerd. Het is daarom gebruikelijk de berekening in de volgende trappen uit te voeren:

1e trap: berekening van de terrestrische koorden  $k'$ .

2e trap: (zonodig) berekening van de koorden  $k$ .

3e trap: berekening van de bogen  $b$  en  $l$ .

4e trap: berekening van  $L$  met formules (12.5.1.4d).

(In fig. 12.9 zijn alleen de koorden  $k'_M$  en  $k_M$  getekend.)

Deze methode heeft het voordeel, dat voor de eerste trap betrekkelijk eenvoudige en *exacte* formules kunnen worden opgesteld, zodat in de volgende trappen veel verder gaande benaderingen geoorloofd zijn, dan in directe geodetische formules toelaatbaar is.

Nadat de lanenummers  $L_R$  en  $L_G$  (en eventueel  $L_P$ ) aldus voor een groot aantal in geografische coördinaten bekende punten zijn berekend, wordt de ligging van een aantal punten van de gewenste 0-hyperbolen door interpolatie bepaald, waarna deze hyperbolen met behulp van mallen (splines) op de kaart in de betreffende kleuren worden getekend.



De eerste en voornaamste trap van de berekening geschiedt uit geografische coördinaten; ook het in kaart brengen van het berekende patroon geschiedt met behulp van het op de zeekaart voorkomende stelsel van parallellen en meridianen. In verband daarmee speelt de kaartprojectie in beginsel geen rol en kan het patroon op in verschillende projecties uitgevoerde kaarten worden aangebracht.

### 12.5.6.2 Berekening van $k'$

In fig. 12.25 — welke een meridiaandoorsnede is van de ellipsoïde — is  $\varphi$  de geografische breedte van een op zeeniveau liggend punt  $A'$ , terwijl  $\psi$  de gereduceerde breedte is van dat punt. Het verband tussen gereduceerde en geografische breedte wordt uitgedrukt door de formule

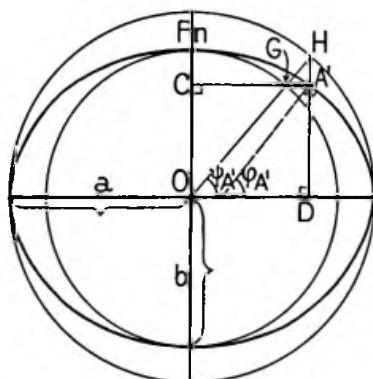


Fig. 12.25

$$\operatorname{tg} \psi = \frac{b}{a} \operatorname{tg} \varphi \quad (12.5.6.2a)$$

waarin:  $a$  = halve lange }  
 $b$  = halve korte } as van de ellipsoïde.

Voor de internationale ellipsoïde geldt:

$$\operatorname{tg} \psi = 0,9966 \ 3253 \operatorname{tg} \varphi$$

Voor andere ellipsoïden is:

$$\text{Bessel} : \operatorname{tg} \psi = 0,9966 \ 5726 \operatorname{tg} \varphi$$

$$\text{Clarke 1866} : \operatorname{tg} \psi = 0,9966 \ 0992 \operatorname{tg} \varphi$$

$$\text{Airy} : \operatorname{tg} \psi = 0,9966 \ 5923 \operatorname{tg} \varphi$$

Het is eenvoudiger en daarom gebruikelijk om voor het betrokken gebied een correctietabelletje op te stellen, gevende de op  $\varphi$  toe te passen correctie in hoekmaat; voor de ellipsoïde van Bessel is een dergelijk tabelletje als tafel XIV gegeven in de Hydrografische Tafels 1950 (uitgave Ministerie van Marine); het aantal decimalen in Tafel XIV is echter niet voldoende voor alle toepassingen, zodat zonodig berekening met één der bovenstaande formules dient te geschieden.

In fig. 12.25 is:

$$OD = OH \cos \psi_{A'} = a \cos \psi_{A'}$$

$$OC = OG \sin \psi_{A'} = b \sin \psi_{A'}$$

Uit fig. 12.26 blijkt, dat:

$$X_{A'} = OD \sin \lambda_{A'} = a \cos \psi_{A'} \sin \lambda_{A'}$$

$$Y_{A'} = OD \cos \lambda_{A'} = a \cos \psi_{A'} \cos \lambda_{A'}$$

$$Z_{A'} = OC = b \sin \psi_{A'}$$

Voor een willekeurig ander punt  $B'$  (fig. 12.27) geldt:

$$X_{B'} = a \cos \psi_{B'} \sin \lambda_{B'}$$

$$Y_{B'} = a \cos \psi_{B'} \cos \lambda_{B'}$$

$$Z_{B'} = b \sin \psi_{B'}$$

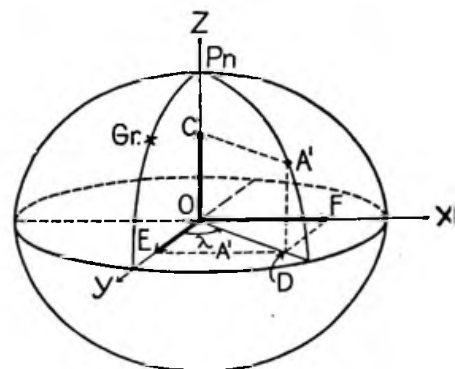


Fig. 12.26

Volgens een formule uit de analytische meetkunde is (zie fig. 12.27):

$$(k'_{A'B'})^2 = (X_A - X_{B'})^2 + (Y_A - Y_{B'})^2 + (Z_A - Z_{B'})^2 \quad (12.5.6.2b)$$

$$(k'_{A'B'})^2 = (a \cos \psi_A \sin \lambda_A - a \cos \psi_{B'} \sin \lambda_{B'})^2 + (a \cos \psi_A \cos \lambda_A - a \cos \psi_{B'} \cos \lambda_{B'})^2 + (b \sin \psi_A - b \sin \psi_{B'})^2$$

$$(k'_{A'B'})^2 = (a^2 \cos^2 \psi_A \sin^2 \lambda_A + a^2 \cos^2 \psi_{B'} \sin^2 \lambda_{B'} - 2a^2 \cos \psi_A \cos \psi_{B'} \sin \lambda_A \sin \lambda_{B'}) + (a^2 \cos^2 \psi_A \cos^2 \lambda_A + a^2 \cos^2 \psi_{B'} \cos^2 \lambda_{B'} - 2a^2 \cos \psi_A \cos \psi_{B'} \cos \lambda_A \cos \lambda_{B'}) + b^2 (\sin \psi_A - \sin \psi_{B'})^2$$

$$(k'_{A'B'})^2 = a^2 \cos^2 \psi_A (\sin^2 \lambda_A + \cos^2 \lambda_A) + a^2 \cos^2 \psi_{B'} (\sin^2 \lambda_{B'} + \cos^2 \lambda_{B'}) - 2a^2 \cos \psi_A \cos \psi_{B'} (\cos \lambda_A \cos \lambda_{B'} + \sin \lambda_A \sin \lambda_{B'}) + b^2 (\sin \psi_A - \sin \psi_{B'})^2$$

$$(k'_{A'B'})^2 = a^2 \{ \cos^2 \psi_A + \cos^2 \psi_{B'} - 2 \cos \psi_A \cos \psi_{B'} \cos \Delta \lambda_{A'B'} \} + b^2 (\sin \psi_A - \sin \psi_{B'})^2$$

Na substitutie van  $\cos \Delta \lambda_{A'B'}$  door  $(1 - 2 \sin^2 \frac{1}{2} \Delta \lambda_{A'B'})$  wordt gevonden:

$$(k'_{A'B'})^2 = a^2 \{ \cos^2 \psi_A + \cos^2 \psi_{B'} - 2 \cos \psi_A \cos \psi_{B'} \} + 4a^2 \cos \psi_A \cos \psi_{B'} \sin^2 \frac{1}{2} \Delta \lambda_{A'B'} + b^2 (\sin \psi_A - \sin \psi_{B'})^2$$

$$(k'_{A'B'})^2 = a^2 (\cos \psi_A - \cos \psi_{B'})^2 + b^2 (\sin \psi_A - \sin \psi_{B'})^2 + 4a^2 \cos \psi_A \cos \psi_{B'} \sin^2 \frac{1}{2} \Delta \lambda_{A'B'} \quad (12.5.6.2c)$$

Bij de afleiding van deze formule is geen enkele benadering toegepast. De nauwkeurigheid waarmede een willekeurige koorde  $k'$  — onafhankelijk van haar lengte — met deze formule kan worden berekend, is dus uitsluitend afhankelijk van het aantal gebruikte decimalen in de goniometrische verhoudingen; bij gebruik van 8 decimalen wordt  $k'$  tot in decimeters nauwkeurig gevonden, hetgeen voor het beoogde doel ruimschoots voldoende is.

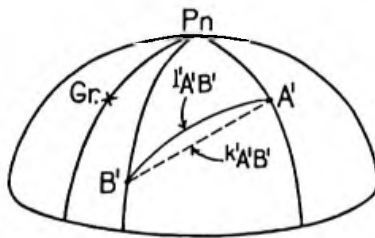


Fig. 12.27

De berekening geschiedt met een rekenmachine met tenminste 8 cijfers in het vermenigvuldigings- en instelwerk en 16 cijfers in het resultaatwerk; een rekenmachine van iets grotere capaciteit levert gemak op. Geschikte tafels voor de natuurlijke waarden van de goniometrische verhoudingen zijn: Natural sines and cosines to eight decimal places; U.S. Coast & Geodetic Survey, Washington D.C.; special publ. no. 231.

De meterwaarden van  $a$  en  $b$  zijn gegeven in onderstaande tabel:

| Intern. (Hayford) | Bessel    | Clarke 1866 | Airy      |
|-------------------|-----------|-------------|-----------|
| a 6 378 388       | 6 377 397 | 6 378 206,4 | 6 377 563 |
| b 6 356 909       | 6 356 079 | 6 356 583,8 | 6 356 257 |

Het gebruik van decimalen in  $a$  en  $b$  heeft voor het hier beoogde doel geen praktische betekenis.



$$dk'_{A'B'} \approx \frac{1}{k'_{A'B'}} \left[ (a \cos \psi_{A'} \sin \lambda_{A'} - a \cos \psi_{B'} \sin \lambda_{B'}) (h_A \cos \psi_{A'} \sin \lambda_{A'} - h_B \cos \psi_{B'} \sin \lambda_{B'}) + (a \cos \psi_{A'} \cos \lambda_{A'} - a \cos \psi_{B'} \cos \lambda_{B'}) (h_A \cos \psi_{A'} \cos \lambda_{A'} - h_B \cos \psi_{B'} \cos \lambda_{B'}) + (b \sin \psi_{A'} - b \sin \psi_{B'}) (h_A \sin \psi_{A'} - h_B \sin \psi_{B'}) \right]$$

$$dk'_{A'B'} \approx \frac{1}{k'_{A'B'}} \left[ ah_A (\cos^2 \psi_{A'} \sin^2 \lambda_{A'} - \cos \psi_{A'} \cos \psi_{B'} \sin \lambda_{A'} \sin \lambda_{B'}) + ah_B (\cos^2 \psi_{B'} \sin^2 \lambda_{B'} - \cos \psi_{A'} \cos \psi_{B'} \sin \lambda_{A'} \sin \lambda_{B'}) + ah_A (\cos^2 \psi_{A'} \cos^2 \lambda_{A'} - \cos \psi_{A'} \cos \psi_{B'} \cos \lambda_{A'} \cos \lambda_{B'}) + ah_B (\cos^2 \psi_{B'} \cos^2 \lambda_{B'} - \cos \psi_{A'} \cos \psi_{B'} \cos \lambda_{A'} \cos \lambda_{B'}) + bh_A (\sin^2 \psi_{A'} - \sin \psi_{A'} \sin \psi_{B'}) + bh_B (\sin^2 \psi_{B'} - \sin \psi_{A'} \sin \psi_{B'}) \right]$$

$$dk'_{A'B'} \approx \frac{1}{k'_{A'B'}} \left[ ah_A \{ \cos^2 \psi_{A'} (\sin^2 \lambda_{A'} + \cos^2 \lambda_{A'}) - \cos \psi_{A'} \cos \psi_{B'} (\cos \lambda_{A'} \cos \lambda_{B'} + \sin \lambda_{A'} \sin \lambda_{B'}) \} + ah_B \{ \cos^2 \psi_{B'} (\sin^2 \lambda_{B'} + \cos^2 \lambda_{B'}) - \cos \psi_{A'} \cos \psi_{B'} (\cos \lambda_{A'} \cos \lambda_{B'} + \sin \lambda_{A'} \sin \lambda_{B'}) \} + bh_A \{ \sin^2 \psi_{A'} - \sin \psi_{A'} \sin \psi_{B'} \} + bh_B \{ \sin^2 \psi_{B'} - \sin \psi_{A'} \sin \psi_{B'} \} \right]$$

Voor het hier beoogde doel — de bepaling van de *verandering* in  $k'_{A'B'}$  — kan zonder bezwaar  $a = b = r$  = de gemiddelde aardstraal gesteld worden, zodat:

$$dk'_{A'B'} \approx \frac{1}{k'_{A'B'}} \left[ rh_A \{ \cos^2 \psi_{A'} - \cos \psi_{A'} \cos \psi_{B'} \cos \Delta \lambda_{A'B'} \} + rh_B \{ \cos^2 \psi_{B'} - \cos \psi_{A'} \cos \psi_{B'} \cos \Delta \lambda_{A'B'} \} + rh_A \{ \sin^2 \psi_{A'} - \sin \psi_{A'} \sin \psi_{B'} \} + rh_B \{ \sin^2 \psi_{B'} - \sin \psi_{A'} \sin \psi_{B'} \} \right]$$

$$dk'_{A'B'} \approx \frac{1}{k'_{A'B'}} \left[ rh_A \{ \cos^2 \psi_{A'} + \sin^2 \psi_{A'} - \cos \psi_{A'} \cos \psi_{B'} (1 - 2 \sin^2 \frac{1}{2} \Delta \lambda_{A'B'}) - \sin \psi_{A'} \sin \psi_{B'} \} + rh_B \{ \cos^2 \psi_{B'} + \sin^2 \psi_{B'} - \cos \psi_{A'} \cos \psi_{B'} (1 - 2 \sin^2 \frac{1}{2} \Delta \lambda_{A'B'}) - \sin \psi_{A'} \sin \psi_{B'} \} \right]$$

$$dk'_{A'B'} \approx \frac{1}{k'_{A'B'}} \left[ r (h_A + h_B) \{ 1 - \cos (\psi_{A'} - \psi_{B'}) + 2 \cos \psi_{A'} \cos \psi_{B'} \sin^2 \frac{1}{2} \Delta \lambda_{A'B'} \} \right]$$

$$dk'_{A'B'} = k - k' \approx \frac{r(h_A + h_B)}{k'_{A'B'}} \{ 1 - \cos (\psi_{A'} - \psi_{B'}) + 2 \cos \psi_{A'} \cos \psi_{B'} \sin^2 \frac{1}{2} \Delta \lambda_{A'B'} \}$$

(12.5.6.2d)

Bij *hydrografische* toepassingen zal men de grootte van deze correctie m.b.v. form. (12.5.6.2d) voor enkele punten binnen het te bewerken gebied berekenen; aangezien zowel  $h_A$  als  $h_B$  echter altijd klein zijn, zal dan blijken, dat deze correctie *nimmer* (of althans *uiterst zelden*) zal behoeven te worden *toegepast*.

Bij toepassing van Decca t.b.v. luchtkaartering dienen de hyperbolische patronen berekend te worden voor de geprojecteerde vlieghoogte. De eenvoudigste methode is vermoedelijk om  $k'$  te berekenen voor zeeniveau en de correctie  $dk'$  toe te passen aan de hand van een samen te stellen kaartje, gevende krommen van gelijke correctie.

Voor alle toepassingen geldt, dat de correcties  $dk'_b$  (voor de basislijnen) een constant, doch nagenoeg steeds te verwaarlozen, bedrag vertegenwoordigen; de correcties  $dk'_i$  voor Master en Slave zijn variabel, doch zullen elkaar meestal grotendeels opheffen, aangezien in form. (12.5.1.4d) uiteindelijk het *verschil* in booglengten ( $l_{\text{Master}} - l_{\text{Slave}}$ ) benodigd is. De in deze paragraaf bedoelde correctie zal dus of niet, of slechts voor beperkte gebieden van praktische betekenis zijn.

#### 12.5.6.4 Herleiding van koorde tot boog

In par. 12.5.3.1 is reeds vermeld, dat de baan van de radiogolf steeds benaderd wordt door een cirkelboog, hetgeen uiteraard slechts een benadering is van de werkelijke baan. Aangezien echter tevens aangetoond is, dat bij Decca-golven (procentsgewijs) zeer grote verschillen in de aan te nemen straal van de cirkelboog getolereerd kunnen worden zonder de booglengte storend te beïnvloeden, volgt daaruit dat de benadering als cirkelboog met straal gelijk aan de gemiddelde kromtestraal van de aarde, voor alle praktische toepassingen volkomen aanvaardbaar is.

De gemiddelde kromtestraal  $r$  wordt berekend uit:

$$r = \sqrt{MN}$$

waarin  $M$  = meridiaankromtestraal en  $N$  = dwarskromtestraal, beide geldende voor een punt ongeveer in het midden van het te gebruiken gebied.

$$l = 2r\eta \quad \text{en} \quad \eta = bg \sin \frac{k}{2r} \quad (\text{fig. 12.29})$$

Door  $bg \sin \frac{k}{2r}$  in een reeks te ontwikkelen wordt gevonden:

$$l = 2r \left\{ \frac{k}{2r} + \frac{1}{6} \left( \frac{k}{2r} \right)^3 + \frac{3}{40} \left( \frac{k}{2r} \right)^5 + \frac{5}{112} \left( \frac{k}{2r} \right)^7 + \dots \right\}$$

$$l = k + \frac{k^3}{24r^2} + \frac{3k^5}{640r^4} + \frac{5k^7}{7168r^6} + \dots \quad (12.5.6.4a)$$

De opeenvolgende termen in het tweede lid van deze formule nemen snel in grootte af. Voor  $k = 400$  km en  $r^2 = 40 \times 10^{12}$  m is de tweede term 66,7 meter en de derde term 0,03 meter, zodat in dit geval reeds de term met  $k^5$  verwaarloosd kan worden.

In de praktijk geschiedt de herleiding van koorde — dat is de terrestrische koorde  $k'$  of de eventueel gecorrigeerde koorde  $k$  (zie par. 12.5.6.3) — tot boog met behulp van een tevoren op te stellen correctietabel, geldende voor het midden van het te bewerken gebied.

Dat bedoelde correctietabel voor een groot gebied geldig is, blijkt door formule (12.5.6.4a) te differentiëren naar  $r$ . Stelt men daarbij de tweede term gelijk aan  $c_1$ , dan is  $c_1 = \frac{k^3}{24r^2}$  en  $dc_1 = \frac{k^3}{12r^3} \times dr$ . Stelt men daarin  $k = 400$  km en  $dr = 10$  km, dan wordt voor  $dc_1$  gevonden 0,5 meter.

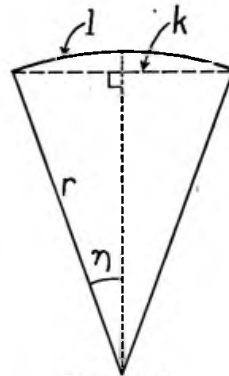


Fig. 12.29

Het geval kan zich voordoen, dat men een bekende boog tot koorde wenst te herleiden. De in dat geval geldende formule wordt eveneens uit fig. 12.29 afgeleid.

$$k = 2r \sin \eta \text{ en } \eta = \frac{l}{2r}$$

Door  $\sin \eta$  in een reeks te ontwikkelen wordt gevonden:

$$k = 2r \left\{ \frac{1}{2r} - \frac{1}{6} \left( \frac{l}{2r} \right)^3 + \frac{1}{120} \left( \frac{l}{2r} \right)^5 - \frac{1}{5040} \left( \frac{l}{2r} \right)^7 + \dots \right\}$$

$$k = l - \frac{l^3}{24r^2} + \frac{l^5}{1920r^4} - \frac{l^7}{322560r^6} + \dots \quad (12.5.6.4b)$$

#### 12.5.6.5 Aantal en spreiding van de punten, waarvoor het lanenummer $L$ berekend moet worden

De 0-hyperbolen welke men in de kaart (constructieblad) wenst te tekenen, worden gevonden door interpolatie tussen de punten waarvoor de lanenummers m.b.v. form. (12.5.1.4d) worden berekend. De kromming van de hyperbolen is het sterkste en verloopt het snelste nabij een zender, zodat de onderlinge afstand tussen de berekende lanenummers kleiner gekozen moet worden naarmate de afstand tot een zender kleiner is. De onderlinge afstanden moeten uiteraard kleiner genomen worden naarmate men hogere nauwkeurigheid verlangt.

Voor kaarteringstoepassingen dient men met betrekking tot  $L$  te streven naar een rekennauwkeurigheid van 0,001 lane, hetgeen correspondeert met een reken-nauwkeurigheid in de afstanden  $b$  en  $l$  van 0,5 meter (0,001 lane op de basislijn  $\approx 0,5$  meter).

De onderlinge afstanden tussen de punten waarvoor de berekening — rekening houdende met de eisen welke de interpolatie stelt — moet worden uitgevoerd, zijn samengevat in onderstaand tabelletje.

| Afstand in zm tot dichtstbijzijnde zender                                   | 100 en<br>> 100 | 75 | 50 | 25 | 10  | 4   |
|-----------------------------------------------------------------------------|-----------------|----|----|----|-----|-----|
| Interval in zm tussen de punten waarvoor $L$ berekend moet worden . . . . . | 20              | 15 | 10 | 5  | 2,5 | 1,0 |

Hierbij wordt opgemerkt, dat de gebruikelijke kaartprojecties binnen de grenzen van de tekennauwkeurigheid in voldoende mate conform en equidistant zijn om de hyperbolen tot op 10 zm vanaf een zender door constructie te kunnen bepalen.

Deze constructie bestaat uit het trekken van cirkelbogen op de wijze zoals zulks in de figuren 12.4 en 12.8 is geschied; voor details — mede betrekking hebbende op het geval dat slechts 1 der zenders op het constructieblad voorkomt — wordt verwezen naar de nos. 32 en 35 van de literatuuropgave aan het slot van dit hoofdstuk.

In de praktijk is de procedure dus de volgende:

1. Constructie in het gebied met een straal van 10 zm rond een zender.
2. Berekening van L voor punten op onderlinge afstand als aangegeven in bovenstaande tabel, indien de afstand tot de zenders groter is dan 10 zm.

De hoeveelheid rekenwerk wordt verminderd door de punten te kiezen langs parallellen en meridianen; bij een berekening voor een aantal op eenzelfde parallel gelegen punten verandert b.v. alleen de coëfficiënt  $\sin^2 \frac{1}{2} \Delta \lambda$  in de 3e term van het tweede lid van form. (12.5.6.2c).

#### 12.5.6.6 Voortplanting radiogolf gedeeltelijk over water en gedeeltelijk over land

Hoewel men bij hydrografische toepassingen steeds zal streven naar voortplanting over water, zal het desniettemin kunnen voorkomen, dat of een gedeelte van de basislijnen en/of hun verlengden, of een deel van de door de radiogolf tussen zender en ontvanger afgelegde weg over land passeert. In die gevallen zal men er bij het opzetten van de chain zoveel mogelijk voor zorgen, dat terrein met slecht geleidingsvermogen (b.v. woestijnzand) en zwaar bergterrein vermeden worden.

Met verschillende voortplantingssnelheden over verschillende soorten van terrein kan men op de volgende wijze rekening houden. Dient men in een bepaald geval b.v. rekening te houden met twee verschillende voortplantingssnelheden  $V_s$  (over zee = sea) en  $V_l$  (over land), dan kan formule (12.5.1.4d) als volgt gesplitst worden:

$$L_R = \frac{F_R}{V_s} (b_{R_s} + l_{M_s} - l_{R_s}) + \frac{F_R}{V_l} (b_{R_l} + l_{M_l} - l_{R_l}) \quad (12.5.6.6a)$$

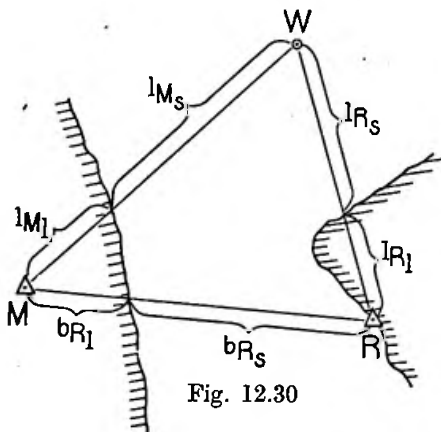


Fig. 12.30

en soortgelijke formules voor  $L_G$  en  $L_P$ .

In fig. 12.30 is een dergelijk geval geïllustreerd.

Indien daarvoor voldoende gegevens betreffende de voortplantingssnelheid over land ter beschikking staan, kan de formule nog verder gesplitst worden door verschillende voortplantingssnelheden  $V_{l_1}$ ,  $V_{l_2}$  enz. in te voeren; het is echter niet waarschijnlijk, dat daartoe ooit voldoende nauwkeurige waarden van  $V_l$  ter beschikking zullen staan.

Het zal duidelijk zijn, dat men voor hydrografische toepassingen zal dienen te streven naar uitsluitende voortplanting over zee of desnoods over terrein dat daar-

mede qua geleidingsvermogen practisch gelijk te stellen is (tamelijk vlak en vochtig terrein). Voor Decca toepassingen op het land dient men zoveel mogelijk te streven naar terrein van nagenoeg gelijkblijvend geleidingsvermogen; indien dat niet mogelijk

is, dient men de daaruit voortvloeiende onzekerheid in  $V_1$  — met als gevolg onzekerheden in de berekende lane-nummers — te aanvaarden.

In het in par. 12.5.6.7 gegeven voorbeeld zijn de lane-nummers berekend zowel voor het geval van voortplanting uitsluitend over zee, als voor gecombineerde weg over zee en over land.

### 12.5.6.7 Voorbeeld berekening

Gegevens van de chain; Bessel ellipsoïde (de in de berekening te gebruiken constanten zijn vet gedrukt).

|                                                                                                                                                                        |                                              |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| <i>Master</i> $\varphi_M = +51^\circ 26' 30'', 483$                                                                                                                    | $\sin \psi_M = + 0,780\,956\,75$             |
| corr. = $05' 36'', 754$                                                                                                                                                | $\cos \psi_M = + 0,624\,585\,11$             |
| $\psi_M = +51^\circ 20' 53'', 729$                                                                                                                                     | $\lambda_M = 08^\circ 42' 45'', 130$         |
| <i>Red</i> $\varphi_R = +50^\circ 21' 54'', 925$                                                                                                                       | $\sin \psi_R = + 0,769\,075\,95$             |
| corr. = $05' 39'', 389$                                                                                                                                                | $\cos \psi_R = + 0,639\,157\,40$             |
| $\psi_R = +50^\circ 16' 15'', 536$                                                                                                                                     | $\lambda_R = + 06^\circ 32' 03'', 788$       |
| <i>Green</i> $\varphi_G = +53^\circ 17' 07'', 590$                                                                                                                     | $\sin \psi_G = + 0,800\,662\,97$             |
| corr. = $05' 31'', 141$                                                                                                                                                | $\cos \psi_G = + 0,599\,115\,01$             |
| $\psi_G = +53^\circ 11' 36'', 449$                                                                                                                                     | $\lambda_G = + 09^\circ 16' 09'', 970$       |
| <i>Purple</i> $\varphi_P = +50^\circ 19' 24'', 600$                                                                                                                    | $\sin \psi_P = + 0,768\,609\,64$             |
| corr. = $05' 39'', 482$                                                                                                                                                | $\cos \psi_P = + 0,639\,718\,08$             |
| $\psi_P = +50^\circ 13' 45'', 118$                                                                                                                                     | $\lambda_P = + 10^\circ 59' 20'', 800$       |
| $F_R = 342,880 \text{ kc/s}$                                                                                                                                           | $\frac{F_R}{V_1} = 114,57978 \times 10^{-5}$ |
| $F_G = 257,160 \text{ kc/s}$                                                                                                                                           | $\frac{F_G}{V_1} = 85,903260 \times 10^{-5}$ |
| $F_P = 428,600 \text{ kc/s}$                                                                                                                                           | $\frac{F_P}{V_1} = 143,17210 \times 10^{-5}$ |
| $V_1 \text{ (Red)} = 299\,250 \text{ km/sec.}$                                                                                                                         | $\frac{F_R}{V_s} = 114,41538 \times 10^{-5}$ |
| $V_1 \text{ (Green)} = 299\,360 \text{ km/sec.}$                                                                                                                       | $\frac{F_G}{V_s} = 85,811532 \times 10^{-5}$ |
| $V_1 \text{ (Purple)} = 299\,360 \text{ km/sec.}$                                                                                                                      | $\frac{F_P}{V_s} = 143,01922 \times 10^{-5}$ |
| $V_s \text{ (Red)} \left. \vphantom{\begin{matrix} V_s \text{ (Red)} \\ V_s \text{ (Green)} \\ V_s \text{ (Purple)} \end{matrix}} \right\} = 299\,680 \text{ km/sec.}$ | $b_R = 194\,432,1 \text{ meter}$             |
| $V_s \text{ (Green)} \left. \vphantom{\begin{matrix} V_s \text{ (Red)} \\ V_s \text{ (Green)} \\ V_s \text{ (Purple)} \end{matrix}} \right\}$                          | $b_G = 208\,601,8 \text{ meter}$             |
| $V_s \text{ (Purple)} \left. \vphantom{\begin{matrix} V_s \text{ (Red)} \\ V_s \text{ (Green)} \\ V_s \text{ (Purple)} \end{matrix}} \right\}$                         | $b_P = 202\,802,3 \text{ meter}$             |
| $a = 6\,377\,397,2 \text{ meter.}$                                                                                                                                     | $a^2 = 40,671\,195 \times 10^{12}$           |
| $b = 6\,356\,079,0 \text{ meter.}$                                                                                                                                     | $b^2 = 40,399\,740 \times 10^{12}$           |



Hulptabel voor herleiding van  $k$  tot  $l$  te berekenen voor

$$\begin{aligned}\varphi_m &= 52^\circ, \text{ waarvoor } r = \sqrt{MN} = 6\,382\,532 \text{ meter} \\ 24r^2 &= 977,68116 \times 10^{12} \\ 640r^4 &= 1062067,1 \times 10^{24}\end{aligned}$$

In het voorbeeld op blz. 539 worden de lanenummers  $L_R$ ,  $L_G$  en  $L_P$  berekend voor een punt met geografische coördinaten  $\varphi_W = 52^\circ 00' 00''$  en  $\lambda_W = + 03^\circ 00' 00''$ . Voor dit punt gelden de vetgedrukte constanten:

$$\begin{array}{ll}\varphi_W = + 52^\circ 00' 00'',000 & \sin \psi_W = + 0,787\,012\,19 \\ \text{corr.} = & 05'35'',200 & \cos \psi_W = + 0,616\,937\,43 \\ \hline \psi_W = + 51^\circ 54' 24'',800\end{array}$$

De verdere berekening geschiedt nu op de rekenmachine (capaciteit ten minste  $8 \times 8 \times 16$ ). De in het schema tussen haakjes geplaatste getallen behoeven strikt genomen niet genoteerd te worden. In het voorbeeld zijn 2 verschillende gevallen verondersteld:

1. De voortplanting geschiedt geheel over land met de boven genoemde voortplantingssnelheden  $V_1$ .
2. De voortplanting geschiedt gedeeltelijk over land met de boven genoemde voortplantingssnelheden  $V_1$  en gedeeltelijk over zee met de genoemde voortplantingssnelheden  $V_s$ ; verondersteld wordt, dat de volgende afstanden over zee worden doorlopen: Master 150 km, Red 200 km, Green 100 km en Purple 75 km (bases geheel over land).

Zie voorbeeld berekening op blz. 539.

Berekening van de lanenummers voor meerdere punten van de parallel van  $52^\circ 00' 00''$  geschiedt zeer snel, omdat zowel de termen <sup>1)</sup> en <sup>2)</sup> — zie formulier — als coëfficiënt  $4a^2 \cos \psi_M \cos \psi_W$  van term <sup>3)</sup> onveranderd blijven.

De tussenliggende lanenummers — b.v. rood 328,000, 327,000 en 326,000 — worden gevonden door inverse interpolatie tussen de berekende lanenummers. Deze interpolatie geschiedt langs een parallel of langs een meridiaan, al naar gelang de gunstigste snijdingshoek van de betrokken hyperbool met één der beide. Inverse interpolatie is een kwestie van rekentechniek en bestaat feitelijk uit een aantal opeenvolgende benaderingen; zij kan geheel op de rekenmachine uitgevoerd worden als deze een capaciteit heeft van tenminste  $9 \times 9 \times 18$ . Voor voorbeelden van inverse interpolatie wordt verwezen naar nos. 31 en 32 van de literatuurlijst aan het einde van dit hoofdstuk. Inverse interpolatie vergt vrij veel tijd (meestal moeten  $t/m$  4e verschillen in aanmerking genomen worden) en grote oplettendheid van de rekenaar.

Het lijkt niet onwaarschijnlijk, dat de in no. 22 van voornoemde literatuurlijst gegeven directe berekeningsmethode van *gehele* lanenummers (waarbij dus geen latere interpolatie nodig is), ondanks haar meerdere gecompliceerdheid, desniettemin aan te bevelen zal zijn voor de berekening van complete hyperbolische netten; tot nu toe is bij de Nederlandse Hydrografie nog geen praktische ervaring met deze methode opgedaan, zodat geen definitief oordeel kan worden uitgesproken.

De in het voorbeeld berekende lanenummers gelden t.o.v. lanenummers = 0,000 op de verlengden van de basislijnen aan de zijde van de Master. De zenders

| Master                                                                                                      | Red                                                                                                         | Green                                                                                                       | Purple                                                                                                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $(\lambda_M = + 08^\circ 42' 45'', 130)$<br>$(\lambda_W = + 03^\circ)$                                      | $(\lambda_R = + 06^\circ 32' 03'', 788)$<br>$(\lambda_W = + 03^\circ)$                                      | $(\lambda_G = + 09^\circ 16' 09'', 970)$<br>$(\lambda_W = + 03^\circ)$                                      | $(\lambda_P = + 10^\circ 59' 20'', 800)$<br>$(\lambda_W = + 03^\circ)$                                      |
| $\Delta \lambda = + 05^\circ 42' 45'', 130$                                                                 | $\Delta \lambda = + 03^\circ 32' 03'', 788$                                                                 | $\Delta \lambda = + 06^\circ 16' 09'', 970$                                                                 | $\Delta \lambda = + 07^\circ 59' 20'', 800$                                                                 |
| $\frac{1}{2} \Delta \lambda = + 02^\circ 51' 22'', 565$<br>$(\sin \frac{1}{2} \Delta \lambda = 0,04983063)$ | $\frac{1}{2} \Delta \lambda = + 01^\circ 46' 01'', 894$<br>$(\sin \frac{1}{2} \Delta \lambda = 0,03083845)$ | $\frac{1}{2} \Delta \lambda = + 03^\circ 08' 04'', 985$<br>$(\sin \frac{1}{2} \Delta \lambda = 0,05468386)$ | $\frac{1}{2} \Delta \lambda = + 03^\circ 59' 40'', 400$<br>$(\sin \frac{1}{2} \Delta \lambda = 0,06960169)$ |
| $\sin^2 \frac{1}{2} \Delta \lambda = 0,24830917 \times 10^{-2}$                                             | $\sin^2 \frac{1}{2} \Delta \lambda = 0,09510100 \times 10^{-2}$                                             | $\sin^2 \frac{1}{2} \Delta \lambda = 0,29903245 \times 10^{-2}$                                             | $\sin^2 \frac{1}{2} \Delta \lambda = 0,48527511 \times 10^{-2}$                                             |
| 2378736548 <sup>1)</sup><br>1481416410 <sup>2)</sup><br>(155658349089) <sup>3)</sup>                        | 20080469941<br>12996948240<br>(61007180232)                                                                 | 12918743474<br>7528240667<br>(179811127751)                                                                 | 21106642422<br>13681527490<br>(311576489303)                                                                |
| (159518502047) = $k^2$                                                                                      | (94084598413)                                                                                               | (200258111892)                                                                                              | (346364659215)                                                                                              |
| k 399397,7<br>65,2                                                                                          | k 306732,1<br>29,5                                                                                          | k 447502,1<br>91,7                                                                                          | k 588527,5<br>208,7                                                                                         |
| l 399462,9 m                                                                                                | l 306761,6 m                                                                                                | l 447593,8                                                                                                  | l 588736,2 m                                                                                                |
| 150000 zee                                                                                                  | 200000 zee                                                                                                  | 100000 zee                                                                                                  | 75000 zee                                                                                                   |
| 249462,9 land                                                                                               | 106761,6 land                                                                                               | 347593,8 land                                                                                               | 513736,2 land                                                                                               |

$$\begin{aligned}
 \text{1e geval: } L_R &= 114,57978 \times 10^{-5} \times (194432,1 + 399462,9 - 306761,0) &= 328,997 \\
 L_G &= 85,903260 \times 10^{-5} \times (208601,8 + 399462,9 - 447593,8) &= 137,850 \\
 L_P &= 143,17210 \times 10^{-5} \times (202802,3 + 399462,9 - 588736,2) &= 19,370 \\
 \text{2e geval: } L_R &= 114,57978 \times 10^{-5} \times (194432,1 + 249462,9 - 106761,0) + 114,41538 \times 10^{-5} &= 329,079 \\
 & \quad (150000,0 - 200000,0) = 386,2867 - 57,2077 \\
 L_G &= 85,903260 \times 10^{-5} \times (208601,8 + 249462,9 - 347593,8) + 85,811532 \times 10^{-5} &= 137,804 \\
 & \quad (150000,0 - 100000,0) = 94,8981 + 42,9058 \\
 L_P &= 143,17210 \times 10^{-5} \times (202802,3 + 249462,9 - 513736,2) + 143,01922 \times 10^{-5} &= 19,255 \\
 & \quad (150000,0 - 75000,0) = -88,0093 + 107,2644
 \end{aligned}$$

$${}^1) = a^2(\cos \psi_M - \cos \psi_W)^2; \quad {}^2) = b^2(\sin \psi_M - \sin \psi_W)^2; \quad {}^3) = 4a^2 \cos \psi_M \cos \psi_W \sin^2 \frac{1}{2} \Delta \lambda_{MW}$$

worden vrijwel altijd zodanig gesynchrooniseerd, dat zulks het geval is; wanneer dit in een bepaald geval niet geschied is, dan moeten op alle berekende lanenummers correcties worden toegepast gelijk aan het (uit waarnemingen te constateren) lanenummer op die basisverlengden.

Zoals in par. 12.5.1.2 is vermeld, worden de lanes in zones van 24 voor rood, 18 voor groen en 30 voor paars ingedeeld en krijgt iedere zone een letter; de schaalverdeling van de decometers is op deze nummering gebaseerd. Zo bestaat het rode lanenummer van 328,997 (zie voorbeeld) uit 13 zones van 24 lanes, resp. aan te duiden met A (de lanes van 0—24), B (24—48), .....M (312—336). Het definitieve lanenummer van rood is in dit geval dus  $328,997 - (13 \times 24) = M \ 16,997$ . Voor de beide andere patronen is:

$$L_G = 137,850 - (7 \times 18) + 30 = G \ 11,850 + 30 = G \ 41,850.$$

$$L_P = 19,370 - (0 \times 30) + 50 = A \ 69,370.$$

## 12.5.7 Nauwkeurigheid van Decca plaatsbepaling en -afstandmeting

### 12.5.7.1 Algemeen

De nauwkeurigheid van Decca plaatsbepaling en — afstandmeting wordt beïnvloed door een groot aantal foutenbronnen. Het is in dit hoofdstuk slechts mogelijk daarvan het gezamenlijke effect te bespreken; ten aanzien van de afzonderlijke foutenbronnen worden meer gedetailleerde gegevens aangetroffen in nos. 23 en 28 van de aan het slot van dit hoofdstuk vermelde literatuur. In het algemeen gesproken, kan gezegd worden, dat de bij kaarteringswerk te verwachten fouten met zeer redelijke nauwkeurigheid voorspeld kunnen worden, vooropgesteld dat aan de vroeger reeds vermelde voorwaarde van terzake deskundig gebruik van de toestellen voldaan wordt.

Kaarteringstoepassingen zijn om reeds vroeger vermelde redenen beperkt tot gebruik overdag (zie ook par. 12.11.1) en om die reden zal het effect van sky-wave in deze paragraaf niet besproken worden.

De gebruikelijke eenheid, waarin de fouten in een Decca aflezing of in een Decca-lijn worden uitgedrukt, is 0,01 lane. *In die eenheid uitgedrukt, blijken de te verwachten fouten overdag voor het gehele in aanmerking komende werkingsgebied practisch gesproken even groot te zijn.* Voor het uitdrukken van de fouten in meters (op aarde) kan men dan voor ieder bepaald geval rekening houden met de meetkundige eigenschappen van de hyperbolische patronen, d.i. met de locale lanebreedte en met de snijdingshoek der Decca-hyperbolen.

Voor zover de foutenbronnen van zuiver of overheersend *toevallig* (random) karakter zijn, kan hun effect verminderd worden door herhaling van de waarnemingen en middelen van de resultaten. Indien het karakter van zuiver toevallige aard is (foutenkromme van Gauss), dan kunnen middelbare fouten berekend worden en wordt de fout verkleind in evenredigheid met de vierkantswortel uit het aantal waarnemingen.

Het effect van zuiver *systematische* (systematic) fouten kan vanzelfsprekend niet verkleind worden door herhaling van de waarneming; voor zover men ze kan bepalen, kan men dit soort fouten als bekende correcties in rekening brengen, doch zij houden dan op fouten te zijn in de zin van de foutentheorie. Als regel is de bepaling of schatting van hun grootte wel mogelijk, doch is hun algebraïsch teken onbekend<sup>1</sup>.

Zij hebben dan het karakter van een bekende of geschatte *onzekerheid* in de betrokken grootheid, aangevende de grenzen + of — waarbinnen de fout geacht kan worden te liggen.

Het karakter van de bij Decca optredende fouten is *gemengd* toevallig en systematisch, doch de begrenzing tussen beide categorieën is — evenals bij vele andere soorten van waarnemingen — niet altijd scherp te trekken. Men kan de fouten bij Decca als volgt indelen: *a.* fouten, welke over een periode van enkele minuten een zuiver toevallig karakter hebben; *b.* fouten, welke over een periode van één of meer dagen een zuiver toevallig karakter hebben en *c.* fouten, waarvan het karakter — onafhankelijk van de periode van waarneming — systematisch is.

Aangezien de 3 categorieën van fouten in de praktijk niet of moeilijk te scheiden zijn, wordt hun gezamenlijk effect bepaald uit een statistische bewerking van een gedurende een zeer lange periode in het werkingsgebied van bestaande Decca chains verricht zeer groot aantal waarnemingen, waarbij de terrestrische coördinaten van de waarnemingsplaats nauwkeurig bekend zijn. Uit deze bewerking wordt de z.g. *standaardafwijking*  $\sigma$  (standard deviation) afgeleid, gevende de limiet, welke in 68% van alle beschouwde waarnemingen niet, en in 32% wel overschreden werd. Is het in de statistische bewerking betrokken aantal waarnemingen zeer groot en strekken deze zich over een zeer lange waarnemingsperiode uit, dan mag er op vertrouwd worden, dat er in analoge praktijkgevallen 68% kans is dat de werkelijke fout in een enkele waarneming de opgegeven standaardafwijking niet overschrijdt.

Alleen in het geval van zuiver toevallige fouten kunnen de gebruikelijke formules voor de foutenvoortplanting worden toegepast; voor overheersend toevallige fouten worden die formules als regel desniettemin toch toegepast, doch de dan op die wijze berekende middelbare fout (mean square error; root mean square error =  $d_{r.m.s.}$ ) heeft dan feitelijk slechts waarde als rekengrootheid, waarvan de absolute grootte onder enige reserve beschouwd dient te worden.

In deze beschouwingen zullen de volgende notaties worden gebruikt <sup>1)</sup>:

$L$  = berekend lanenummer (form. 12.5.1.4d).

$L'$  = lanenummer in het door de zenders uitgestraalde patroon.

$L''$  = op de decometers afgelezen lanenummer.

Het in kaart brengen van een Decca-positielijn wordt hier geacht foutloos (d.w.z. binnen de grenzen van de bereikbare tekennauwkeurigheid van 0,2 mm) te kunnen geschieden.

De in kaart gebrachte positielijnen worden gebruikt om daaruit de standplaats van de waarnemer te bepalen; de fouten moeten derhalve worden uitgedrukt met betrekking tot  $L$ .

De fout  $D$  in een in kaart gebrachte Decca positielijijn is zodoende gelijk aan

$$D = L - L'' \quad (12.5.7.1a)$$

In een ideaal geval zouden  $L$  en  $L'$  aan elkaar gelijk zijn; in de praktijk zijn zij niet nauwkeurig aan elkaar gelijk, aangezien  $L$  berekend wordt uit een aantal gegevens welke niet foutloos bekend zijn. In verband daarmee kan men stellen:

$$L' = L + dL \quad \text{of} \quad L = L' - dL \quad (12.5.7.1b)$$

<sup>1)</sup> In no. 23 van de literatuurijsst worden enigszins afwijkende notaties gebruikt.

Tengevolge van onvolkomenheden in de installatie is ook het waargenomen lanenummer  $L''$  door kleine fouten aangedaan, zodat gesteld kan worden:

$$L' = L'' + dL'' \quad \text{of} \quad L'' = L' - dL'' \quad (12.5.7.1c)$$

Door substitutie van (12.5.7.1a) en (12.5.7.1b) in (12.5.7.1c) wordt gevonden:

$$D = -dL + dL'' \quad (12.5.7.1d)$$

In de volgende paragraaf zal de waarde van  $D$  worden genoemd, uitgedrukt als standaardafwijking en aangeduid door de notatie  $\sigma$ , hetgeen dus betekent, dat er 68% kans is dat de werkelijke fout een bedrag van  $\sigma$  niet overschrijdt; dit is de mate van waarschijnlijkheid welke in landmeetkundige berekeningen veelal gebruikt wordt als maatstaf ter beoordeling van de nauwkeurigheid.

### 12.5.7.2 De te verwachten fout in Decca plaatsbepaling

Voor een afzonderlijke bespreking van het effect van de verschillende foutenbronnen wordt verwezen naar de nos. 23, 28, 29 en 38 van de literatuurlijst aan het einde van dit hoofdstuk.

Uit een statistische bewerking van enkele tienduizenden waarnemingen is gebleken, dat — bij deskundig gebruik van de survey-zenders en ontvangers — gerekend kan worden op een *standaardafwijking*  $\sigma = 0,02$  lane; deze standaardafwijking is nagenoeg gelijk voor de drie patronen rood, groen en paars. Zij is het gezamenlijk effect van systematische, zowel als van toevallige fouten. Voor een serie waarnemingen welke zich over een tijdperiode van enkele minuten uitstrekt, overheersen de systematische fouten en kan het bedrag van 0,02 lane dus niet verkleind worden door middelen van die waarnemingen; strekt de serie waarnemingen zich uit over een periode van tenminste enige uren, dan neemt een deel der foutenbronnen een toevallig karakter aan en kan de standaardafwijking verkleind worden door middelen van de waarnemingen. In het laatstgenoemde geval hebben de fouten een dusdanig overheersend toevallig karakter, dat men met voldoende benadering kan spreken van middelbare fouten, welke dus verkleind worden in evenredigheid met de wortel uit het aantal waarnemingen; steeds overblijvende systematische invloeden zullen echter tot gevolg hebben, dat  $\sigma$  nimmer kleiner zal zijn dan 0,01 lane.

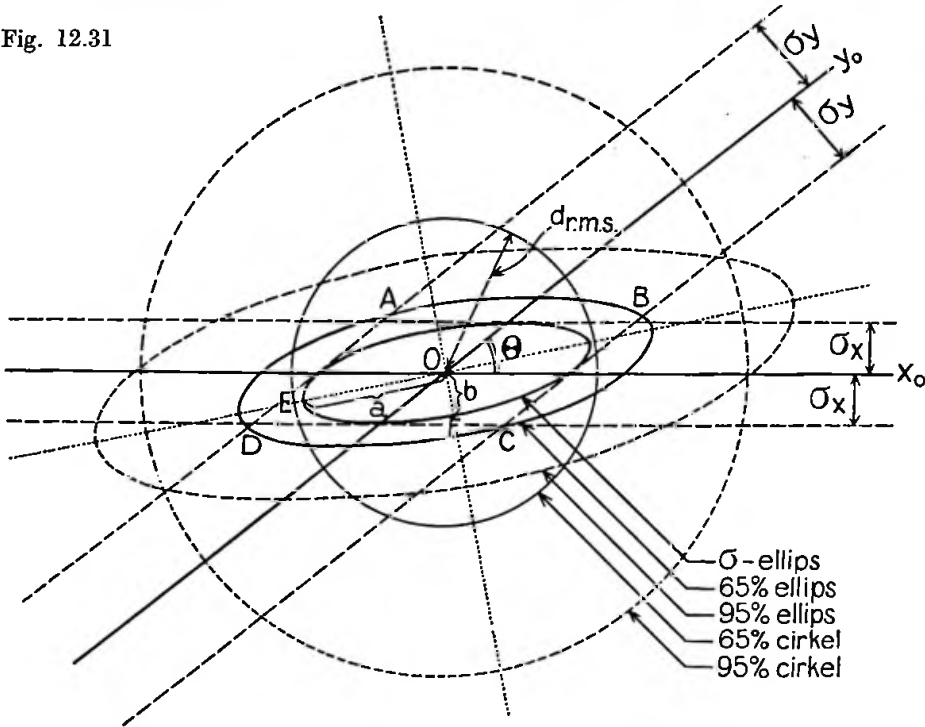
De te verwachten fout in de uit de snijding van twee Decca-lijnen bepaalde standplaats van de waarnemer wenst men uiteraard te kennen in meters en niet in honderdsten van lanes. Men dient daartoe  $\sigma$  met behulp van formule (12.5.1.7a) in meters uit te drukken.

In fig. 12.31 is verondersteld, dat de plaats van de waarnemer bepaald wordt door snijding van twee positielijnen  $x$  en  $y$ , welke elkaar onder een hoek  $\theta$  snijden; dit kunnen b.v. zijn twee Decca-lijnen, hoogtelijnen van hemellichamen, kompaspeilingen e.d., of combinaties daarvan. Beide waargenomen coördinaten  $x$  en  $y$  worden verondersteld aangedaan te zijn door *zuiver toevallige fouten* (random errors)  $\sigma_x$  en  $\sigma_y$ , terwijl mede verondersteld wordt, dat deze fouten *ongecorreleerd* zijn en dat de waarneming niet herhaald wordt. In dat geval ligt  $\frac{1}{N}$  gedeelte van een zeer groot aantal waarnemingen van die positielijnen *buiten* de ellips welke bepaald wordt door de vergelijking:

$$\frac{(x - x_0)^2}{\sigma_x^2} + \frac{(y - y_0)^2}{\sigma_y^2} = \ln N^2 \quad (12.5.7.2a)$$

Hierin zijn  $\sigma_x$  en  $\sigma_y$  de standaardfouten (standard errors) in de bepaling van de positielijnen  $x$  en  $y$ , en  $x_0$  en  $y_0$  de gemiddelde waarden van een groot aantal waarnemingen van  $x$  en  $y$ ;  $x_0$ ,  $y_0$  is dus een scheefhoekig coördinatenstel. Het 2e lid in deze vergelijking is de natuurlijke of Neperiaanse logaritmie van  $N^2$ .

Fig. 12.31



In fig. 12.31 zijn de gemiddelde waarden  $x_0$  en  $y_0$  getekend als volle lijnen. Op afstanden van  $\sigma_x$  en  $\sigma_y$  zijn stippellijnen getrokken; zij bepalen de zones, waarbinnen er 68% kans is dat de éénmaal waargenomen positielijnen  $x$  en  $y$  gelegen zullen zijn. De eigenlijke waarnemingen van  $x$  en  $y$  zijn in de figuur niet aangegeven, doch er is een kans van 68% dat zij binnen en van 32% dat zij buiten die zones zouden liggen.

De figuur ABCD noemt men het 68% foutenparallelogram (68% diamond of errors). De binnen dit parallelogram beschreven ellips noemt men de  $\sigma$ -ellips.

Indien  $x$  en  $y$  bepaald worden t.o.v. hun gemiddelde waarden  $x_0$  en  $y_0$ , dan wordt voor formule (12.5.7.2a) gevonden:

$$\frac{x^2}{\sigma_x^2} + \frac{y^2}{\sigma_y^2} = \ln N^2 \quad (12.5.7.2b)$$

Wenst men nu b.v. de foutenellips te tekenen, waarbuiten 50% van de plaatsbepalingen zullen vallen, dan is  $\frac{1}{N} = 0,50$ , zodat  $N = 2$  en  $\ln N^2 \approx (1,177)^2$ .

Deze 50%-ellips is niet in fig. 12.31 getekend; zij zou begrensd worden door lijnen evenwijdig aan  $x_0$  resp.  $y_0$ , getrokken op afstanden van  $1,177 \sigma_x$  en  $1,177 \sigma_y$ .

Een veel gebruikte foutenellips is die, waarbuiten 35% van de plaatsbepalingen zullen vallen (dus 65% daarbinnen). Voor deze ellips is  $\frac{1}{N} = \frac{35}{100}$  of  $N \approx 2,857$  en  $\ln N^2 \approx (1,449)^2$ . Deze 65%-ellips is in fig. 12.31 getekend en wordt begrensd door de niet getekende lijnen op afstanden van  $1,449 \sigma_x$  en  $1,449 \sigma_y$  evenwijdig aan  $x_0$  en  $y_0$ .

In de praktijk is het veelal bezwaarlijk deze foutenellipsen te berekenen en te tekenen. Inplaats van een foutenellips gebruikt men dan een foutencirkel. Voor de straal van de 65% foutencirkel gebruikt men de reeds eerder genoemde notatie  $d_{r.m.s.}$  (root mean square error). De straal van deze cirkel — welke in fig. 12.31 is getekend — blijkt gelijk te zijn aan:

$$d_{r.m.s.} = \sqrt{a^2 + b^2} \quad (12.5.7.2c)$$

waarin  $a$  en  $b$  resp. gelijk zijn aan de halve lange en de halve korte as van de  $\sigma$ -ellips.

Aangezien  $a$  en  $b$  niet zonder meer bekend zijn, is een meer gebruikelijke formule:

$$d_{r.m.s.} = \operatorname{cosec} \theta \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2} \quad (12.5.7.2d)$$

De foutencirkel heeft het voordeel, dat haar straal betrekkelijk ongevoelig is voor tamelijk grote veranderingen in de verhouding  $\frac{\sigma_x}{\sigma_y}$ , of m. a. w. in de verhouding  $\frac{a}{b}$ . Meetkundig is dit gemakkelijk in te zien uit fig. 12.31; daarin is  $EF^2 = a^2 + b^2 = (d_{r.m.s.})^2$ . Een betrekkelijk grote verandering in de onderlinge verhouding tussen  $a$  en  $b$  zal  $EF$  slechts in geringe mate beïnvloeden. De straal van de foutencirkel is dus een eenvoudig te berekenen gegeven (form. 12.5.7.2d) ter beoordeling van de nauwkeurigheid in de plaatsbepaling, vooral omdat deze straal slechts in geringe mate verandert voor tamelijk sterk uiteenlopende onderlinge verhoudingen van  $\sigma_x$  en  $\sigma_y$ , welke waarden — in meters op het terrein uitgedrukt — van plaats tot plaats veranderen. De meetkundige betekenis van de 65% foutencirkel is dat 65% van alle plaatsbepalingen (fix) uit 2 positielijnen gelegen is binnen die cirkel en 35% daar buiten.

Zoals reeds is opgemerkt, is de 65% foutenellips of de 65% foutencirkel de gebruikelijke figuur om in de landmeetkunde de nauwkeurigheid van een plaatsbepaling uit 2 positielijnen tot uitdrukking te brengen. Bij de zeevaart acht men dit percentage van 65 om veiligheidsredenen te laag en baseert men de voorspelling van de te verwachten nauwkeurigheid op het percentage van 95. Met behulp van formule

(12.5.7.2b), waarin dan  $\frac{1}{N} = \frac{5}{100}$  of  $N = 20$ , blijkt dat de 95% foutenellips

begrensd wordt door het parallellogram gevormd door op afstanden van  $2,448 \sigma_x$  en  $2,448 \sigma_y$  evenwijdig aan  $x_0$  en  $y_0$  getrokken lijnen. Deze lijnen zijn in fig. 12.31 niet getekend, doch de 95% ellips is daar aangegeven door een stippellijn. Er wordt op gewezen, dat ook hier verondersteld is, dat  $\sigma_x$  en  $\sigma_y$  zuiver toevallige en ongecorreleerde fouten zijn. De straal van de eveneens getekende 95% foutencirkel is gelijk aan  $2 \times$  die van de 65% foutencirkel.

Bij vele navigatiesystemen — w.o. Decca — wordt gebruik gemaakt van een gemeenschappelijke Master. Door de wijze waarop van dit gemeenschappelijke station gebruik gemaakt wordt, zullen  $\sigma_x$  en  $\sigma_y$  (dat is bij Decca b.v.  $\sigma_R$  en  $\sigma_G$ ) gecorreleerd zijn.

In dit geval geldt voor de straal van de 65% foutencirkel de meer algemene formule:

$$d_{r.m.s.} = \operatorname{cosec} \theta \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + 2r\sigma_x\sigma_y} \quad (12.5.7.2e)$$

waarin  $r$  = de correlatiecoëfficiënt. Voor kaarteringstoepassingen overdag is  $r$  in het gehele in aanmerking komende werkingsgebied echter zeer klein, zodat steeds form. (12.5.7.2d) gebruikt kan worden.

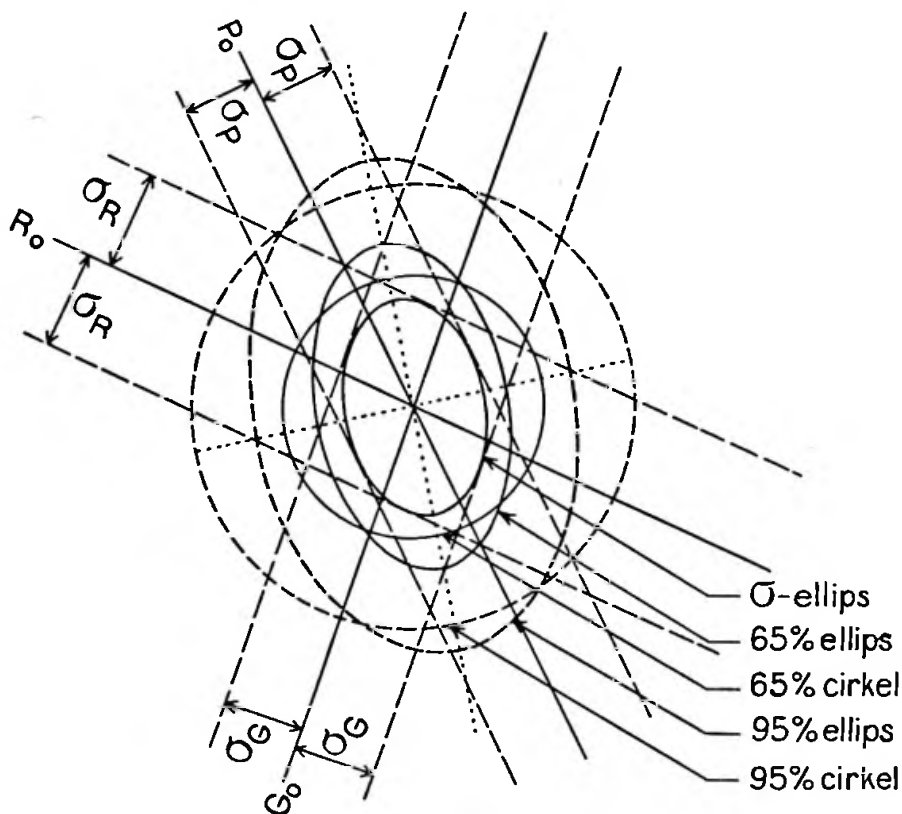


Fig. 12.32

In alle gegeven formules<sup>1)</sup> is verondersteld, dat de fouten van zuiver toevallig karakter zijn. In de praktijk is dat in voldoende mate het geval om de formules met vertrouwen te kunnen toepassen ter beoordeling van de te verwachten nauwkeurigheid.

<sup>1)</sup> Voor de afleiding zie nos. 8 en 9 van de literatuurlijst aan het einde van dit hoofdstuk.



*Voorbeeld:* Van Survey-Decca is bekend, dat  $\sigma_R$ ,  $\sigma_G$  en  $\sigma_P$  gelijk zijn aan 0,02 lane. In meters uitgedrukt is in een bepaald geval b.v.  $\sigma_R = 20$  meter en  $\sigma_G = 30$  meter. Is nu  $\theta$  b.v.  $45^\circ$ , dan wordt m.b.v. form. (12.5.7.2d) gevonden:

$$d_{r.m.s.} = 1,414 \sqrt{(20)^2 + (30)^2} = 1,414 \times 36,05 \approx 51 \text{ meter.}$$

Er is dus 68% kans dat de fout in de uit deze twee Decca-lijnen bepaalde plaats kleiner is dan 51 meter en 32% kans dat die fout groter is.

In het bovenstaande is verondersteld, dat de plaats van de waarnemer bepaald wordt door de snijding van 2 positielijnen, m.a.w. dat er voor die plaatsbepaling geen overtollige gegevens worden gebruikt. Zijn deze — b.v. in de vorm van 3 of meer positielijnen — wel beschikbaar, dan kan de foutenellips eveneens berekend worden, vooropgesteld dat de fouten van toevallig karakter zijn. Aangezien dit geval zich in de praktijk van de radioplaatsbepaling zelden zal voordoen (de eventueel beschikbare 3e positielijlijn zal meestal een te kleine snijdingshoek hebben met de beide andere) en mede in verband met de ingewikkeldheid, zullen de daartoe benodigde formules hier niet gegeven worden. Het idee is voor 3 positielijlijnen echter verduidelijkt in fig. 12.32.

### 12.5.7.3 De te verwachten fout in Decca afstandmeting

Het principe van afstandmeting m.b.v. Decca is beschreven in par. 12.5.5 en verduidelijkt in de figuren 12.21 en 12.22.

Voor zover bekend werd deze wijze van afstandmeting ten dienste van kaartteringswerk tot nu toe nimmer in de praktijk toegepast. Door de Deense Hydrografische Dienst werden echter een aantal proeven genomen met de Deense Decca *Navigation* chain, welke het mogelijk maken een oordeel te vormen omtrent de nauwkeurigheid van deze methode van afstandmeting. Dit is een 3-slave chain en op ieder van de 6 basisverlengden werd gedurende 2 dagen een 30-tal waarnemingen verricht van de lanenummers. Dit geschiedde door met het opnemingsvaartuig „Heimdal” de basisverlengden ongeveer loodrecht te doen snijden (vaart 7 à 10 zeemijl) onder voortdurende waarneming van 3 stellen decometers; de aflezingen werden grafisch afgezet en daaruit de minima (resp. maxima) afgeleid. De waarnemingen geschieden uitsluitend overdag en de decometeraanwijzingen werden gecorrigeerd voor aflezingen op een monitorstation; de op grond daarvan (op deze *navigatie* chain) aan te brengen correcties bedroegen als regel niet meer dan 0,010 lane, doch enkele malen bleek een correctie van 0,040 lane noodzakelijk te zijn. De basislijnen werden gekruist op verschillende afstanden tot het naastbijliggende Decca-station; deze afstanden varieerden tussen 5 en 70 zeemijl, doch systematische verschillen in verband met de afstand tot de zender werden niet geconstateerd, zodat de hieronder te noemen middelbare fouten berekend werden t.o.v. het gemiddelde van alle waarnemingen op een basisverlengde.

Uit de analyse van de waarnemingen bleek, dat de aantallen lanes per basislijlijn „geteld” konden worden met de aangegeven middelbare fouten in de hieronder gegeven gemiddelde waarden:

|       |                            |
|-------|----------------------------|
| Rood  | $369,599 \pm 0,005$ lanes. |
| Groen | $268,772 \pm 0,004$ lanes. |
| Paars | $486,631 \pm 0,009$ lanes. |

De kleine waarden van de middelbare fouten en de gedurende een waarnemingsdag nagenoeg niet merkbaar veranderende monitor-correcties zijn een aanwijzing, dat de voortplantingssnelheid binnen zeer nauwe grenzen constant moet zijn geweest. Uit de analyse van de waarnemingen bleek tevens, dat geen verschillen in voortplantingssnelheid voor Rood, Groen en Paars konden worden geconstateerd en dat deze voor het Deense terrein (basislijnen practisch geheel over land) 299400 km/sec. bedroeg <sup>1)</sup>.

Indien dus in dit geval een bepaalde waarde voor de voortplantingssnelheid was aangenomen, dan had de lengte van de basislijnen berekend kunnen worden met de volgende relatieve nauwkeurigheid:

$$\text{Rood} \quad \frac{5}{369599} = \frac{1}{73920} \quad (\text{basislengte} \approx 162 \text{ km}).$$

$$\text{Groen} \quad \frac{4}{268772} = \frac{1}{67193} \quad (\text{basislengte} \approx 157 \text{ km}).$$

$$\text{Paars} \quad \frac{9}{486631} = \frac{1}{54070} \quad (\text{basislengte} \approx 171 \text{ km}).$$

De aldus berekende absolute lengte van de basislijnen zou procentsgewijs evenveel fout geweest zijn als de fout in de aangenomen waarde van V.

Neemt men hierbij in aanmerking, dat de waarnemingen met *navigatie*ontvangers verricht zijn op een *navigatie*chain en dat de basislijnen nagenoeg geheel over land lopen, dan lijkt het niet onredelijk om te verwachten, dat afstandmeting met survey-toestellen op over zee lopende basislijnen over afstanden van 150 à 250 km *overdag*

mogelijk zal zijn met een *absolute* nauwkeurigheid van de orde van  $\frac{1}{100.000}$ .

Indien mogelijk, zal men de voor een bepaald klimaat geldende waarde van V te voren bepalen op een uit primaire terrestrische triangulatie bekende en over zee lopende basis. Ten behoeve van een m.b.v. Decca uit te voeren triangulatie lijkt dit veiliger dan het zonder meer aannemen van  $V = 299680 \text{ km/sec.}$ , waarin echter

blijkens par. 12.5.3.1 geen grotere fout dan  $\frac{1}{50.000}$  verwacht wordt.

### 12.5.8 Gebruik van Decca voor kaartering te land

Bij de toepassing van de te land voor een kaartering gebruikelijke plaatsbepalingsmethoden ondervindt men grote praktische moeilijkheden, indien die plaatsbepaling dient te geschieden in zwaar bebost terrein. Onder dergelijke omstandigheden is een methode van *radioplaatsbepaling* van zeer grote waarde. Voor zover bekend is Decca het enige systeem, waarmede in het bos een plaatsbepaling van redelijke nauwkeurigheid verkregen kan worden; de bereikbare nauwkeurigheid voldoet in ieder geval aan de eisen welke gewoonlijk voor exploratiedoeleinden gesteld worden.

De practijk heeft uitgewezen, dat radiogolven van de door Decca gebruikte golflengte gemakkelijk doordringen in zwaar bebost terrein en dat op een op de

<sup>1)</sup> De Decca patronen op de Deense zeekaarten zijn berekend met  $V = 299450 \text{ km/sec.}$  en behoeven daardoor de in de Decca Data Sheets gegeven correcties.

grond opgestelde zweep-antenne (whip-antenna) voldoende energie kan worden opgevangen om de Decca-apparaten te bekrachtigen.

Reflecties treden op deze lange golf niet op, doch er doet zich een ander verschijnsel voor, hetwelk Decca waarnemingen in het bos tot begin 1949 waardeloos maakte voor kaarteringsdoeleinden en wel vanwege de grote fouten. Deze storingen vinden hun oorzaak in een door de energie van de Decca golven in de bomen geïnduceerd zwak veld, waardoor iedere boom a.h.w. als een zendantenne gaat werken. Ten aanzien van het phaseverschil dat op de decometers gemeten wordt, doet zich nu eenzelfde verschijnsel voor als in fig. 12.18 (par. 12.5.3.2) is aangegeven; het apparaat meet n.l. het phaseverschil tussen de resultanten van de eigenlijke Deccagolven (vector  $V$ ) en van de door de omringende bomen uitgezonden golven (vector  $v$ );  $v$  is weliswaar zwak t.o.v.  $V$ , doch desniettemin bleken de fouten 0,1 à 0,2 lane te kunnen bedragen, hetgeen Decca onbruikbaar zou maken voor kaarteringswerk. Men kan deze foutenbron niet onschadelijk maken door ter plaatse waar men de waarneming wenst te verrichten een (b.v. telescopische) ontvangantenne boven de bomen uit te steken; de in de bomen geïnduceerde energie veroorzaakt n.l. een veld, dat zich meerdere meters boven het niveau van de boomtoppen uitstrekt.

Begin 1949 is de Decca Co. er echter in geslaagd een systeem te ontwikkelen waarbij men de genoemde fouten op zeer eenvoudige wijze kan bepalen en als correcties op de decometeraflezingen kan toepassen. De Decca Co. is nog niet overgegaan tot publicatie van de beginselen waarop deze methode berust en hier kan er dan ook slechts van gezegd worden, dat als aanvullende installatie nodig is een op 5f werkende zender, welke met tussenpozen van b.v.  $\frac{1}{2}$  minuut uitzendt op de antenne van het Master station; bovendien moet een kleine modificatie worden aangebracht in de normale Decca-ontvanger, waarvan de decometers echter ongewijzigd blijven. De operationele werkwijze zal hier echter worden beschreven.

Fig. 12.33 is een afbeelding van de totale, voor de ontvangst gebruikte installatie, inclusief de als stroombron (12 volt) gebruikte accu's; het totale gewicht is 83 lbs = 37 kg.

De waarneming bestaat uit het op de normale wijze aflezen van de decometers R, G en P. Op het moment dat de ter plaatse van de Master opgestelde 5f zender gedurende 0,4 seconde in werking wordt gesteld (met tussenpozen van b.v.  $\frac{1}{2}$  minuut), vertoont de naald van de paarse decometer een uitslag t.o.v. de stand welke zij daarvoor innam. Hoewel de eigenlijke uitzending op 5f slechts gedurende 0,4 seconde plaats heeft, wordt de uitslag van de paarse decometer met behulp van een daartoe ingerichte en ingebouwde elektrische schakeling gedurende 5 seconden vastgehouden, zodat ruimschoots tijd beschikbaar is om een aflezing te verrichten. De uitslag van de naald van de paarse decometer geeft de correctie, welke op de 3 oorspronkelijke decometeraflezingen moet worden toegepast. Na toepassing van die correcties worden de decometeraflezingen verkregen, zoals zij zouden gelden zonder de storende invloed van de omringende bomen.

De ontvangantenne bestaat uit een aantal geïsoleerde buizen, welke op elkaar worden geschoven (zie fig. 12.34). De onderste sectie is van een pen voorzien, welke in de grond gestoken wordt; aangezien de buis bestreken is met een isolerende laag, kunnen takken van een boom of de stam daarvan gebruikt worden als steun voor het hogere deel van de antenne.

Op deze wijze werden in het Epping Forest nabij Londen waarnemingen verricht (zie fig. 12.33). De boomhoogte in dit zware bos was 20 à 25 meter en de antenne-



Fig. 12.33

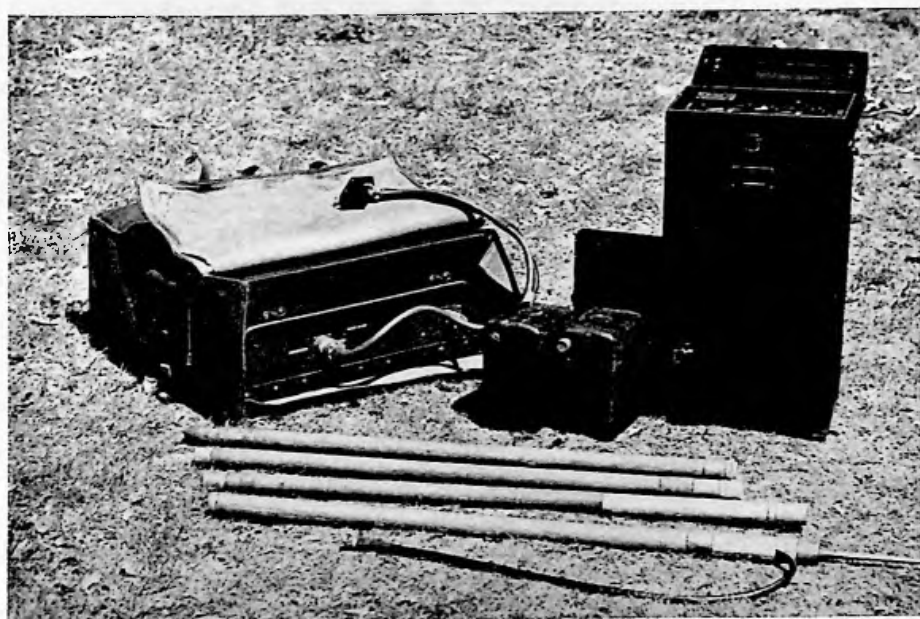


Fig. 12.34

lengte ruim 3 meter. Gebruik werd gemaakt van de English Navigation Chain. Van alle observatiepunten werden de coördinaten bepaald door terrestrische metingen. De standaardfout in de gecorrigeerde decometeraanwijzingen bleek te bedragen  $\sigma_R = \pm 0,033$ ,  $\sigma_G = \pm 0,033$  en  $\sigma_P = \pm 0,028$  lane.

Aangezien de afstand tot de zenders bij de proeven in Epping Forest betrekkelijk gering was (voor de 4 zenders tussen 20 en 130 kilometer), werden deze proeven op de English Navigation Chain in Nederland herhaald op afstanden tot de zenders van 290, 210, 320 en 360 km. Zij geschieden op het landgoed Duinrel nabij den Haag. Vanwege de langere afstand werd een (overigens gelijke) antenne van  $6\frac{1}{2}$  m lengte gebruikt. De middelbare fout in de volgens deze methode gecorrigeerde decometeraanwijzingen bleek te zijn  $\sigma_R = \pm 0,019$  en  $\sigma_G = \pm 0,013$  lane. Het nog gunstiger resultaat dan in het veel dichtter bij gelegen Epping Forest wordt verklaard door het feit, dat in Nederland tevens gebruik gemaakt werd van een in Noordwijk tijdelijk opgestelde monitor; deze stelde in staat te corrigeren voor een geringe zwaaiing van de patronen van de English Navigation Chain. Bij de proeven in Epping Forest werd geen monitor toegepast. Voor nadere bijzonderheden omtrent deze proeven wordt verwezen naar no. 34 van de literatuurlijst aan het einde van dit hoofdstuk.

De proeven in Epping Forest en in Duinrel hebben aangetoond, dat het storende effect van de bomen (tree-error) merkbaar is tot op ongeveer 100 meter vanaf een boom of boomgroep. In open gedeelten met een straal van ongeveer 100 meter en op duintoppen (Duinrel) bleek de uitslag n.l. nul te zijn en bleek ook dat de decometeraanwijzingen inderdaad overeenstemden met de uit de bekende terrestrische coördinaten berekende waarden. In verband daarmee is het te verwachten, dat dit systeem van corrigeren niet zal behoeven te worden toegepast op brede rivieren en in betrekkelijk grote open vlakten. Noodzakelijk blijft uiteraard een voldoende lange antenne, terwijl tegen beschadiging van het isolatiemateriaal — dat niet zeer kwetsbaar is — gewaakt dient te worden, aangezien anders foutieve aanwijzingen verkregen worden.

De beschreven methode is bij uitstek geschikt voor de kaartering ten behoeve van de exploratie van uitgestrekte tropische bosgebieden, waar men volgens de klassieke methoden steeds moeilijkheden heeft om de plaats van waarneming met voldoende nauwkeurigheid te bepalen. Onder bepaalde omstandigheden zal zij ook bij de hydrografische kaartering van rivieren kunnen worden toegepast. In de praktijk worden iets grotere fouten verwacht — n.l. van de orde van  $\sigma = 0,03$  lane — aangezien bezwaarlijk zo grote zorg aan de waarnemingen kan worden besteed als bij de proeven in Epping Forest en Duinrel is geschied. Aanbevolen wordt de waarnemingen enkele malen te herhalen; dit is geen bezwaar, aangezien in 3 minuten 6 waarnemingen kunnen worden verricht.

## 12.6 Radar

Het onderscheid tussen primaire en secundaire radar werd vermeld in par. 12.3. Het in par. 12.7 te bespreken Shoran systeem valt onder de categorie secundaire radar. Primaire radar leent zich over het algemeen gesproken slechts in uitzonderingsgevallen voor kaartering. Eén dier mogelijke toepassingen is b.v. bij een hydrografische opname van een uitgestrekt gebied van droogvallende of nagenoeg droogvallende zandbanken. Op die banken kan men een veelhoeksnet van bakens oprichten en deze markeren met radarreflectoren. Het schip zal dan in staat zijn alle

veelhoeks zijden en diagonalen met behulp van radar te meten en daaruit de coördinaten van alle bakens te berekenen uitgaande van 1 punt van bekende coördinaten en een azimuth, en tevens zijn plaats bij het lodingswerk te bepalen t.o.v. die bakens.

Indien men voor dit doel een normale (goede) navigatieradar met zeer korte impuls lengte — b.v. 0,2 à 0,1  $\mu$  sec — en met P.P.I. afbeelding zou gebruiken, dan is geen hogere nauwkeurigheid in de afstandmeting te verwachten dan 1%; azimuthbepalingen zullen niet veel nauwkeuriger zijn dan  $1^\circ = \frac{1}{57}$  radiaal = 1,8%

Een nauwkeuriger afstandmeting is denkbaar met behulp van een z.g. A-buis (horizontale, niet draaiende tijdbasis), doch dit vereist stilzetten van de radarantenne en richten op de reflector, hetgeen bij enige zeegang vanwege de smalle bundel bezwaarlijk of onmogelijk is.

Afgezien nog van de geringe nauwkeurigheid is er nog een bezwaar gelegen in de betrekkelijk korte afstanden welke men aan boord van een schip kan meten. Als gevolg daarvan dienen de drie- of veelhoeken klein te zijn en gaat accumulatie van fouten een grote rol spelen in het net als geheel.

Een verder bezwaar is, dat lodingsloepen niet van deze methode gebruik kunnen maken, aangezien daarin geen radarinstallatie kan worden opgesteld.

Tenslotte is de methode alleen bruikbaar als de bakens met de reflectoren ruim vrij staan van de kust; is dit niet het geval, dan zullen reflector-echo's niet onderscheiden kunnen worden van kust-echo's, terwijl in het algemeen steeds moeilijkheden kunnen optreden met de identificatie.

Ten aanzien van de genoemde afstandnauwkeurigheid van 1% is weliswaar aanmerkelijke verbetering mogelijk, echter niet zonder een veel meer gecompliceerde en daardoor meer kwetsbare installatie, welke zich bovendien niet leent voor opstelling op een schip. Zo zijn b.v. in 1947 in de Golf van Mexico voor plaatsbepaling t.b.v. een op zee verricht geologisch onderzoek, aan de wal opgestelde radarstations gebruikt voor het bepalen van 2 afstanden tot het daarvoor gebruikte vaartuig; de bereikte nauwkeurigheid in afstand was van de orde van 1‰, doch niet beter dan 35 meter, terwijl richtingen tot op  $\frac{1}{4}^\circ$  nauwkeurig bepaald konden worden. Voor het bereiken van enigszins grote afstanden was uiteraard opstelling op een heuvel noodzakelijk. Het gewicht van één dergelijk apparaat was circa 3 ton en het vereiste stabiele opstelling op een betonnen fundatie.

Vermeld dient te worden dat het Nederlandse Radarproefstation te Noordwijk momenteel (1952) een gewijzigde P.P.I. uitvoering ontwikkeld heeft, welke zekere nieuwe mogelijkheden opent. Dit toestel verschilt slechts weinig met een normale goede navigatieradar met korte impuls lengte; uit de tot nu toe verrichte proeven — op afstanden tussen 2 en 8 km — werden de volgende m.f. berekend:  $0^\circ 5'$  in azimuth en 0,2% in afstand. Deze installatie is in de eerste plaats bedoeld voor verschillende toepassingen waarbij hogere dan de normale navigatie-nauwkeurigheid verlangd wordt, doch het is denkbaar dat zij ook voor bepaalde soorten van kaarteringswerk van beperkte omvang — ook aan boord van een schip — met succes zal kunnen worden toegepast.

Onder omstandigheden dat slecht zicht regel is, zal primaire radar voor locale hydrografische kaarteringswerkzaamheden van beperkte omvang zeker mogelijkheden bieden, doch — rekening houdende met de momenteel beschikbare precisiesystemen van radionavigatie — zijn die mogelijkheden in het algemeen gesproken gering voor kaarteringswerk van enige omvang.

Ondanks de beperkte mogelijkheden voor de eigenlijke kaartering, is een navigatieradar van goede kwaliteit een onmisbaar instrument op een opnemingsvaartuig, aangezien met behulp daarvan de in par. 11.3 genoemde radarlandverkenningen gemaakt dienen te worden.

## 12.7 Shoran

### 12.7.1 Algemeen

SHORAN (SHORt Range Air Navigation) is de naam voor een door de Radio Corporation of America ontwikkeld speciaal systeem van secundaire radar, welk systeem gedurende het laatste jaar van de 2e wereldoorlog gebruikt werd voor het uitvoeren van precisiebombardementen door vliegtuigen.

Shoran is na de oorlog verder ontwikkeld en geschikt gemaakt voor verschillende geodetische toepassingen, voor welk doel het thans gebruikt wordt in Amerika, Canada en Australië.

De benodigde radio-installatie bestaat uit een zender-ontvanger W (fig. 12.35), aan boord van het schip of vliegtuig dat zijn plaats door middel van Shoran wenst

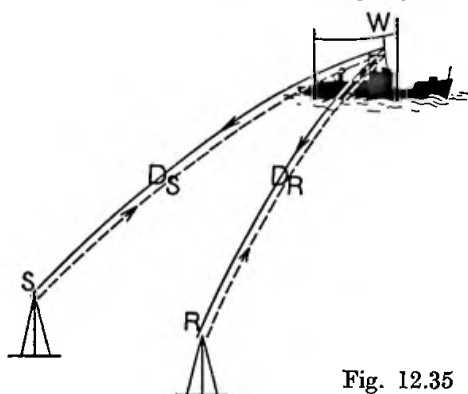


Fig. 12.35

te bepalen en een zender-ontvanger op ieder van 2 grondstations S(hor) en R(an). De door het schip alzijdig (omnidirectionaal) op een golflengte van ongeveer 1 meter uitgezonden korte impulsen radio-energie worden door de stations S en R ontvangen en daar onmiddellijk weer uitgezonden; in verband daarmee worden deze stations antwoordbakens (responders of transponders) genoemd. Aan boord wordt op een uit een kathodestraalbuis bestaande indicator zowel het moment van uitzending van de impuls als dat van ontvangst van het door S en R

teruggezonden „antwoord” geregistreerd. Uit de tijdsverschillen tussen die registraties worden met behulp van de bekende voortplantingssnelheid van de radiogolven de afstanden  $W-S$  en  $W-R$  afgeleid. Het beginsel is aangegeven in fig. 12.35 en 12.36.

De beide afstandwaarnemingen leveren ieder een meetkundige plaats in de vorm van een rond S en R getrokken cirkel, zodat de plaats van W bepaald is als de coördinaten van S en R bekend zijn en de beide afstanden op de indicator worden afgelezen. Deze meetkundige plaatsen kunnen voor bepaalde afstanden — gebruikelijk is om de 1 statute mile = 1609,34 meter — berekend en op een kaart getekend worden; het in kaart brengen (plotten) van een waarneming geschiedt door interpolatie tussen de kaartcirkels.

Door de aan boord opgestelde installatie wordt het tijdsverschil gemeten tussen het uitgaan van een impuls en de ontvangst van de teruggezonden impuls, zodat in het tijdsverschil het dubbele van de afstanden  $D_S$  en  $D_R$  tot uitdrukking komt. Deze afstanden kunnen berekend worden uit:

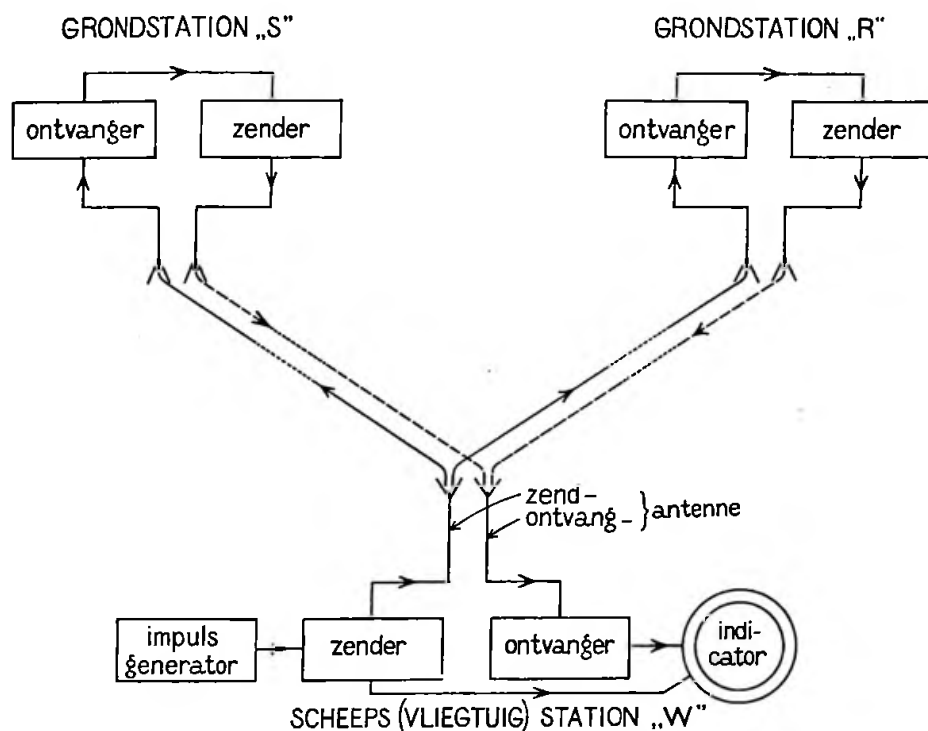


Fig. 12.36

$$\left. \begin{aligned} D_S &= \frac{V t_S}{2} \\ D_R &= \frac{V t_R}{2} \end{aligned} \right\} \quad (12.7.1a)$$

waarin:

$$\begin{aligned} D_S &= \left\{ \begin{array}{l} \text{afstand in statute miles van W tot } S \\ \text{afstand in statute miles van W tot } R \end{array} \right\} \\ V &= \text{voortplantingssnelheid radiogolven in st.mi./sec.} \\ t_S &= \left\{ \begin{array}{l} \text{looptijd (in seconden) radiogolven van W via } S \\ \text{looptijd (in seconden) radiogolven van W via } R \end{array} \right\} \text{ naar W.} \\ t_R &= \end{aligned}$$

Bij een luchtdruk van 29,92 inches = 1013,2 millibar en een temperatuur van 0° C. is  $V = 186218$  st.mi./sec.<sup>1)</sup>; in luchtledig is  $V = 186272$  st.mi./sec. Voor een

<sup>1)</sup> Deze waarde is althans aangenomen bij het ontwerpen van de Shoran installatie; de daarmee gemeten afstanden kunnen zowel gecorrigeerd worden voor andere barometerstanden en temperaturen, als voor een eventueel nauwkeuriger waarde van  $V$ .



nauwkeurige kennis van  $V$  moet dus de luchtdruk vrij nauwkeurig bekend zijn; het effect van variaties in temperatuur en vochtigheid dient bij het vaststellen van  $V$  tevens in aanmerking genomen te worden, doch dit effect is geringer dan dat van variaties in luchtdruk. Voor correctieformules wordt verwezen naar no. 49 van de literatuurlijst aan het einde van dit hoofdstuk.

$V$  is de maatstok (yardstick) waarmee de afstanden gemeten worden. De indicator kan beschouwd worden als een elektronisch stophorloge, waarmee men de (uiterst kleine) tijdsverschillen meet.

Voor het nauwkeurig meten van kleine tijdsverschillen is het essentieel, dat de impulsen van korte duur zijn en dergelijke korte impulsen kunnen slechts geproduceerd worden bij gebruikmaking van een kleine golflengte. Blijkens het in par. 12.2 medegedeelde planten dergelijke golven zich nagenoeg rechtlijnig voort, zodat de toepassingsmogelijkheden van Shoran globaal gesproken beperkt zijn tot zichtwijdte.

### 12.7.2 Scheeps(vliegtuig)station

De op een schip of in een vliegtuig gebruikte installaties zijn geheel identiek.

De beide afstanden  $D_S$  en  $D_R$  — fig. 12.35 — worden gemeten met behulp van radiogolven (impulsen); om de signalen voor de 2 afstanden van elkaar te kunnen onderscheiden, is het dus nodig verschillende golflengten te gebruiken. De scheepszender werkt dan ook om beurten op de frequenties 210 en 260 Mc/s<sup>1)</sup>, de eerstgenoemde bestemd voor het grondbaken  $S$  en de tweede voor het andere grondbaken. De ontvangers van de beide grondstations zijn op de voor hen bestemde frequenties afgestemd, zodat het éne baken niet het voor het andere baken bestemde signaal kan opvangen; de heruitzending geschiedt door beide op dezelfde frequentie van ongeveer 300 Mc/s<sup>1)</sup>, op welke frequentie de scheepsontvanger is afgestemd.

Het periodiek overschakelen van de scheepszender op 210 en 260 Mc/s geschiedt ongeveer 10 maal per seconde, zodat de beide afstanden nagenoeg gelijktijdig gemeten worden. Gedurende een dergelijke zendperiode van  $1/10$  seconde worden ongeveer 30 impulsen uitgezonden; de duur van iedere impuls is ongeveer 0,25 microseconde =  $25 \times 10^{-8}$  seconde, terwijl het maximum vermogen (peak power) van iedere impuls ligt tussen 10 en 15 kilowatt, afhankelijk van de installatie.

Telkens na een uitzending op 210, resp. 260 Mc/s, wordt de installatie automatisch op ontvangst geschakeld. Deze overschakelingen worden langs elektronische weg tot stand gebracht, aangezien de tijdsverlopen te kort zijn voor enige vorm van mechanische overschakeling.

Het scheepsantennesysteem bestaat uit 2 op een onderlinge afstand van enkele decimeters naast elkaar op de top van de mast opgestelde antennes<sup>2)</sup>, ieder een z.g. halve dipool, d.w.z. een staafantenne ter lengte van  $\frac{1}{4}$  golflengte, hetgeen voor de gebruikte zendfrequentie van gemiddeld  $\frac{210 + 260}{2} \approx 240$  Mc/s betekent een zendantenne van slechts ongeveer 30 cm en een antenne voor de ontvangst van de 300 Mc/s frequentie van de antwoordbakens ter lengte van 25 cm.

De scheepsontvanger heeft een bereik tussen 210 en 320 Mc/s en is dus in staat zowel de scheeps- als de grondsignalen (impulsen) te ontvangen. De versterking

<sup>1)</sup> Voor in elkaars nabijheid werkende installaties kunnen enigszins daarvan afwijkende frequenties gebruikt worden.

<sup>2)</sup> In vliegtuig: zendantenne onder en ontvangantenne boven de romp.

van de 3 signalen is zodanig regelbaar, dat aan de indicator signalen van gelijke sterkte kunnen worden toegevoerd, waardoor een nauwkeurige meting van het tijdsverschil bevorderd wordt.

Zoals reeds is opgemerkt, kan de indicator beschouwd worden als het elektronische equivalent van een stophorloge, dat het tijdsverschil meet tussen uitgaande en binnenkomende impulsen. De indicator bestaat uit een kathodestraalbuis (z.g. J-buis of J-scope), waarin de tijdbasis gevormd wordt door een langs de omtrek van de buis lopende elektronenstraal, waarvan de omloopstijd geregeld wordt door een kristal van nauwkeurig bekende trillingsperiode. De omloopstijd van de elektronenstraal (sweep-velocity) kan d.m.v. een keuzeschakelaar ingesteld worden op 1/93109, 1/9310,9 of 1/931,09 tijdsecunde. Aangezien V gelijk is aan 186218 st.mi./sec., corresponderen deze omloopstijden met dubbele afstanden (loop-distances) van resp. 2, 20 en 200 st.mi. of met enkele afstanden van resp. 1, 10 en 100 st.mi.

De uitgaande impuls wordt op de indicator zichtbaar gemaakt als een uitbuiing (marker-pip) van de cirkelvormige tijdbasis. Hetzelfde geschiedt met de inkomende „echo“-impulsen, welke dus op een andere plaats op de cirkelomtrek zichtbaar worden; de S-impuls wordt aangegeven als een uitslag naar buiten; zie fig. 12.37. Het oorlogsgebruik

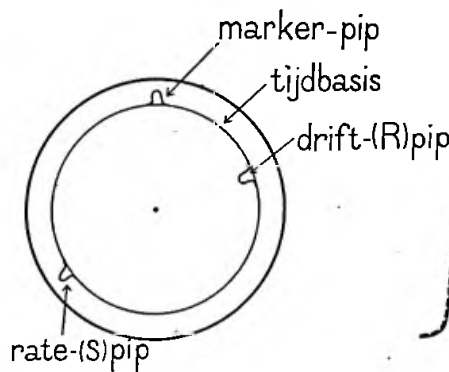


Fig. 12.37



Fig. 12.38

was zodanig, dat het vliegtuig zich bewoog langs een rond de S-zender beschreven cirkel, welke over het te bombarderen doel voerde; de andere afstandcirkel bepaalde het moment van het werpen van de bommen. Van dit gebruik stammen de namen rate-pip — welke dus op een constante plaats gehouden moest worden — en drift-pip.

Bij de oorspronkelijke uitvoering was de tijdbasis direct in afstanden verdeeld. Door een phaseverschuiving in de ontvanger kon men de 3 pips gezamenlijk zodanig over de schaal ronddraaien, dat de marker-pip tot samenvallen gebracht werd met het nulpunt van de afstandschaal, dat is in de fig. 12.37 getekende stand. De afleesnauwkeurigheid was echter niet bijzonder groot, aangezien de pips geen nauwkeurig te definiëren meetpunten leverden. Bij de thans gebruikte uitvoering gaat men daarom als volgt te werk. Door draaien aan een knop wordt de S-pip tot samenvallen gebracht met de marker-pip, op de wijze zoals in fig. 12.38 is aangegeven, n.l. door het laten samenvallen van de steile linkerruggen van de beide pips. Op een aan de knop bevestigde cirkelrand — of bij de nieuwste uitvoeringen in een venstertje van het type zoals op een electriciteitsmeter voorkomt — leest men dan direct de afstand af welke gedraaid is moeten worden om de pips te doen samenvallen, zijnde de gezochte afstand; de aflezing kan geschieden tot op 0,01 st.mi., terwijl schatting tot op 0,001 st.mi. ( $\approx 1,6$  meter) mogelijk is. De R-pip wordt op soortgelijke wijze tot samenvallen gebracht met de marker-pip; zij kan daartoe elektronisch  $180^\circ$  „omgeklapt“ worden. Na enige oefening kan 1 waarnemer met 2 handen gelijktijdig

beide combinaties op elkaar houden, zodat de beide afstanden op ieder gewenst ogenblik in de venstertjes afgelezen, c.q. gefotografeerd kunnen worden.

De afstanden van W tot de beide grondstations zijn als regel ongelijk, met als gevolg ongelijke sterkte van ontvangst en daardoor ongelijke „hoogte” van de pips. Door middel van regelknoppen kan de versterking van het signaal in de ontvanger echter gewijzigd worden, waardoor de drie pips van gelijke grootte gemaakt kunnen worden. Deze versterking introduceert echter zekere fouten in het toestel, welke resulteren in onzekerheden in de afstandmeting; zij vormen één van de belangrijkste bronnen van fouten, welker grootte nog niet op alleszins bevredigende wijze kan worden bepaald. De nauwkeurigheid van meting bij zeer zwakke of zeer ongelijke signaalsterkte laat dan ook nog te wensen over.

Bij een afstandmeting stelt men de omwentelingssnelheid eerst in op 1/931,09; in het corresponderende venster leest men dan de volle eenheden van het aantal statute miles af. Vervolgens stelt men in op de schaal 1/9310,9 en leest de eenheden en tienden af. Tenslotte stelt men de omwentelingssnelheid 1/93109 in en leest eenheden, tienden en honderdsten af en schat de derde decimaal. Bij een continue reeks van afstandbepalingen worden de beide eerstgenoemde instellingen slechts éénmaal verricht en kan volstaan worden met het bijhouden van de derde instelling en aflezing. Het aantal honderdtallen statute miles blijft op deze wijze onbepaald (aflezingen zijn gelijk voor 100, 200, enz. miles), doch dit is geen bezwaar, aangezien de gegiste afstand steeds wel binnen die marge bekend is.

Het verbruik van de installatie is slechts 110 Watt bij 27 volt; een dergelijk gering verbruik is mogelijk omdat de „rustperiodes” tussen de impulsen van zeer veel langere duur zijn dan de impulsen zelf; in die rustperiodes wordt a.h.w. de benodigde impuls-energie van 10 à 15 kilowatt opgezameld. De elektrische stroom wordt geleverd door het scheeps(vliegtuig)net (110 of 220 volt gelijk- of wisselstroom, eventueel met omvormer).

Het totale gewicht van de complete scheeps(vliegtuig)installatie, inclusief reservedelen, doch exclusief stroombron is slechts 340 lbs  $\approx$  150 kg.

De installatie is geschikt voor gebruik bij temperaturen tussen  $-54^{\circ}$  en  $+50^{\circ}$  C en bij barometerstanden corresponderende met hoogten boven zeeniveau tussen 0 en 14000 meter. De standaarduitvoering is niet berekend op gebruik in de tropen (hoge vochtigheid met daaruit voortvloeiende moeilijkheden met isolatie e.d.).

### 12.7.3 Grondstations

De zender van een grondstation heeft ongeveer dezelfde constructie als die van het scheepsstation; zoals reeds is opgemerkt, is de frequentie voor beide grondstations dezelfde en ligt in de buurt van 300 Mc/s. Het is uiteraard niet mogelijk de heruitzending absoluut gelijktijdig met de ontvangst van de scheepsimpulsen te doen plaats hebben. Men voert daarom een vertraging in, waarvan men de tijdsduur kan variëren en d.m.v. speciale proefwaarnemingen constateren; dit bedrag kan gefixeerd worden en behoeft slechts met tussenpozen van b.v. 1 maand gecontroleerd te worden. Deze vaste vertraging (fixed time-delay) wordt als een constante indexcorrectie op de indicatorschalen toegepast en speelt als zodanig verder geen rol, uiteraard afgezien van de nauwkeurigheid waarmee deze indexcorrectie bepaald kan worden.

De frequentie van de zenders van een grondstation wordt geregeld m.b.v.

een kristal met een trillingsperiode van 93109 c/s; de eigenlijke zendfrequentie van rond 300 Mc/s wordt daaruit door elektronische vermenigvuldiging en deling afgeleid. Dit kristal is ingebouwd in een thermostaat, waardoor de frequentie van 93109 c/s tot op  $1/10^7$  gehandhaafd blijft. Deze hoge mate van frequentiestabiliteit is o.m. nodig omdat dit kristal tevens de functies regelt van de controle-installatie, de z.g. monitor.

Eén van de functies van de monitor is het van tijd tot tijd (enige malen per dag) uitzenden van signalen ter controle van de frequentie van de sweep (identiek met de gang van een stophorloge) van de scheepsindicator. Deze laatste wordt weliswaar gecontroleerd door het kristal in de scheepsinstallatie, doch in verband met beperking van gewicht (vooral in een vliegtuig, waarvoor de installatie oorspronkelijk ontworpen is) gebruikt men daar geen thermostaat, zodat de trillingsperiode van het scheepskristal aan kleine veranderingen onderhevig kan zijn, hetgeen uiteraard de „sweep”-snelheid en daarmee de ijking van de afstandschaal beïnvloedt. De door een grondstation uitgezonden controle-signalen worden dan gebruikt om de frequentie van het scheepskristal te controleren en m.b.v. een regelknop gelijk te maken.

Eén van de andere voorname functies van de monitor is het bepalen en controleren van de reeds in de aanvang van deze paragraaf genoemde vaste vertraging.

De zend- en ontvangantennes van een grondstation zijn op een onderlinge afstand van circa 1 meter op een gemeenschappelijke mast opgestelde halve dipolen ter lengte van 25 à 30 cm. Zij zijn beide voorzien van een reflector van koperdraad, waardoor zowel de ontvangen- als de uitgestraalde energie geconcentreerd — en dus versterkt — wordt in een sector van  $110^\circ$ ; de reflectoren worden zodanig opgesteld, dat de assen van die sectoren gericht zijn op het midden van het te bewerken gebied. De hoogte van de gemeenschappelijke mast varieert van enkele meters tot 30 meter, afhankelijk van de hoogte van het terrein; met een hogere opstelling kan een groter terrein bestreken worden, hetgeen voor vliegtuigtoepassingen van weinig, doch voor hydrografische toepassingen van groot belang is.

In verband met de ongeveer  $10 \times$  per seconde wisselende zendperiode van de scheepsinstallatie (om beurten 30 impulsen van  $\frac{1}{4}$  microseconde op 210 en op 260 Mc/s) wordt elk der beide grondstations  $10 \times$  per seconde door het scheeps(vliegtuig)-station „opgeroepen” en zendt dan circa 30 impulsen van  $\frac{1}{4}$  microseconde uit op circa 300 Mc/s. Ook deze zenders zijn dus gedurende veel langere tijd buiten, dan in bedrijf. Dit opent de mogelijkheid om meer dan 1 scheepsstation gebruik te doen maken van de beide grondstations; de tussenruimten tussen de uitzendingen zijn namelijk zodanig dat 20 scheepsstations om beurten in die tijdruimte kunnen „oproepen” en antwoord kunnen ontvangen, hetgeen uiteraard een (automatisch te regelen) zendschema van de scheepsstations eist.

Het verbruik van een grondstation, inclusief de monitor, is 1500 Watt bij 110 of 220 volt; het energieverbruik stijgt uiteraard, naarmate meerdere scheepsstations van het baken gebruik maken. Het piek-impulsvermogen is ongeveer 15 kilowatt. Een 130 kg wegende motorgenerator van 3 P.K. levert 110 of 220 volt wisselstroom van 60 perioden.

Het totale gewicht van een compleet grondstation, inclusief motorgenerator, doch exclusief behuizing, is 1150 lbs  $\approx$  520 kg. De temperatuur- en luchtdruk-limieten zijn dezelfde als die van een scheepsstation.



De methode van afstand-meting wordt geïllustreerd in fig. 12.40; S en R zijn de twee grondstations waartussen de afstand moet worden bepaald. Men vliegt daartoe op een hoogte  $H_W$  ongeveer in het midden van de verbindingslijn en ongeveer loodrecht daarop en verricht een onafgebroken reeks afstandmetingen; fotografische registratie van de waarnemingen is aan te bevelen. De beide afstanden WS en WR bereiken een minimum als het vliegtuig zich loodrecht boven de verbindingslijn SR bevindt. Deze minima geven 2 hellende afstandbogen WS en WR, welke herleid kunnen worden tot de terrestrische afstand SR als de kromming van de banen WS en WR,  $H_W$ ,  $h_S$  en  $h_R$  bekend zijn. De definitieve terrestrische afstand wordt berekend uit het gemiddelde van een

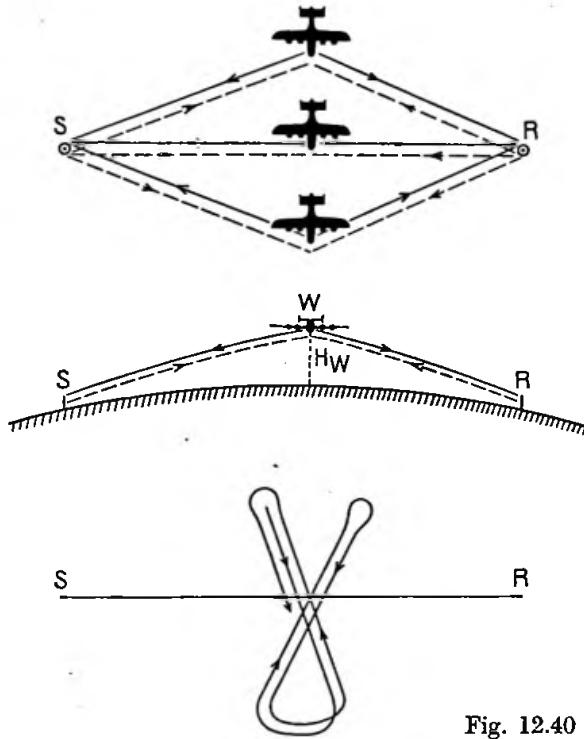


Fig. 12.40

aantal op verschillende dagen verrichte series waarnemingen, waarbij 1 serie gewoonlijk bestaat uit 16 kruisingen. Het is gebleken, dat een aantal systematische fouten geheel of ten dele tegen elkaar wegvallen, als de kruising niet loodrecht geschiedt (bovenste gedeelte van fig. 12.40 geeft loodrechte kruising aan), doch onder een hoek van  $12^{\circ},5$  met de normaal, zoals in de onderste schets van die figuur is getekend. De draaipunten voor de verschillende koersen behoeven daartoe slechts weinige minuten vliegengs buiten de verbindingslijn te liggen, zodat een serie van 16 in ruim een uur gevlogen kan worden.

Ten aanzien van de met Shoran bereikbare nauwkeurigheid wordt voor gedetailleerde beschouwingen verwezen naar de publicaties in de literatuurlijst; hier worden slechts de volgende globale gegevens vermeld. De nauwkeurigheid van een bepaling van de terrestrische afstand SR is afhankelijk van een groot aantal factoren, welke zijn samen te vatten in 4 groepen: 1. instrumentale nauwkeurigheid, 2. de nauwkeurigheid waarmee  $H$  bepaald kan worden, 3. onzekerheden in de voortplantingsnelheid en 4. onvolledige kennis van de kromming van de banen WS en WR.

Met betrekking tot 1. wordt opgemerkt, dat het effect van systematische fouten in de instrumenten door goede regeling beperkt kan worden tot het equivalent van ongeveer  $0,002 \text{ st.mi.} \approx 3 \text{ meter}^1$ ; uit dien hoofde kan de relatieve nauwkeurigheid nimmer groter zijn dan 3 m gedeeld door de totale afstand, d.w.z.  $1/10,000$  op 30 km,

<sup>1</sup>) In sommige publicaties wordt een kleinere waarde genoemd.

1/100.000 op 300 km en 1/200.000 op 600 km. Hoge relatieve nauwkeurigheid kan dus alleen bereikt worden op lange afstanden.

De onder 2. genoemde hoogte  $H_W$  (fig. 12.40) wordt bepaald m.b.v. een barometrische- of radarhoogtemeter. Uit de figuur is gemakkelijk in te zien, dat bij de reductie van hellende tot horizontale afstand vrij grote fouten in  $H_W$  geaccepteerd kunnen worden, mits de hoogte klein is t.o.v. de afstanden tot de grondstations; gezien de onvermijdelijke fouten in de bepaling van  $H_W$ , zijn dus ook om deze reden lange afstanden gunstig.

De grootte van de foutenbronnen 3. en 4. is afhankelijk van meteorologische omstandigheden. Zijn die alleen in S, R en W bekend, en observeert men onder ogenschijnlijk niet ongunstige omstandigheden, dan mag gerekend worden op een middelbare fout kleiner dan 1/30.000 van de afstand; zijn volledige meteorologische omstandigheden bovendien op enkele tussenliggende punten bekend<sup>1)</sup>, dan is een m.f. van de orde van 1/200.000 te verwezenlijken. De genoemde middelbare fouten gelden voor het gemiddelde van meerdere series. Door het gebruik van meteorologische gegevens op nog meer tussenliggende punten van de baan en door verdere studie van de voortplantingseigenschappen en door verbeteringen in de installatie, hoopt men uiteindelijk te kunnen komen tot een m.f. in een terrestrische afstand van 600 km van 1/600.000<sup>2)</sup>; het is niet waarschijnlijk dat de systematische fouten tot een bedrag van kleiner dan 1 meter gereduceerd kunnen worden.

Nauwkeurigheden van 1/100.000 en beter zijn thans reeds in vele gevallen bereikt, doch in andere — ogenschijnlijk gelijkwaardige — gevallen werd slechts 1/30.000 bereikt.

Deze methode van afstandmeting opent de mogelijkheid om *driehoeksnetten* met zijden van meerdere honderden kilometers te projecteren en daarvan de zijdelengten te meten. Zelfs bij een nauwkeurigheid van 1/100.000 staat deze nog ten achter bij hoekmeting met theodoliet ( $1'' = 1/206265$ ); het is dan ook ter meetkundige versterking van het met Shoran gemeten verband nodig zoveel mogelijk *veelhoeken* te projecteren en daarvan zowel de zijdelengten als de lengten van alle diagonalen te meten en in de vereffening te betrekken. Alle met Shoran gemeten afstanden gelden tussen punten op het fysisch aardoppervlak; gegevens voor herleiding tot ellipsoïde-afstanden moeten volgens andere methoden verkregen worden. Dit laatste geldt eveneens voor de bepaling van het azimuth van één of meer afstanden in de Shoran-triangulatie.

Terloops wordt hier opgemerkt, dat voor triangulatie *te land* Shoran niet vervangen kan worden door de in par. 12.5.5 genoemde triangulatie-toepassing van Decca; de reden daarvan is gelegen in de onzekerheid in de voor Decca-golflengten *over land* geldende waarden van V. Overigens kunnen met Decca evenmin azimuths bepaald worden en gelden de afstanden eveneens tussen punten op het fysisch aardoppervlak; dit laatste is echter voor toepassingen op zee van weinig praktisch belang.

De nauwkeurigheid van een m.b.v. Shoran uitgevoerde triangulatie is weliswaar in de meeste gevallen (nog) niet gelijkwaardig aan die van een terrestrische primaire triangulatie, doch daartegenover staat, dat een gebied van bepaalde afmetingen in

<sup>1)</sup> m.b.v. speciale vliegtuigen of radiosondes.

<sup>2)</sup> Zie no. 50 van de literatuurlijst.

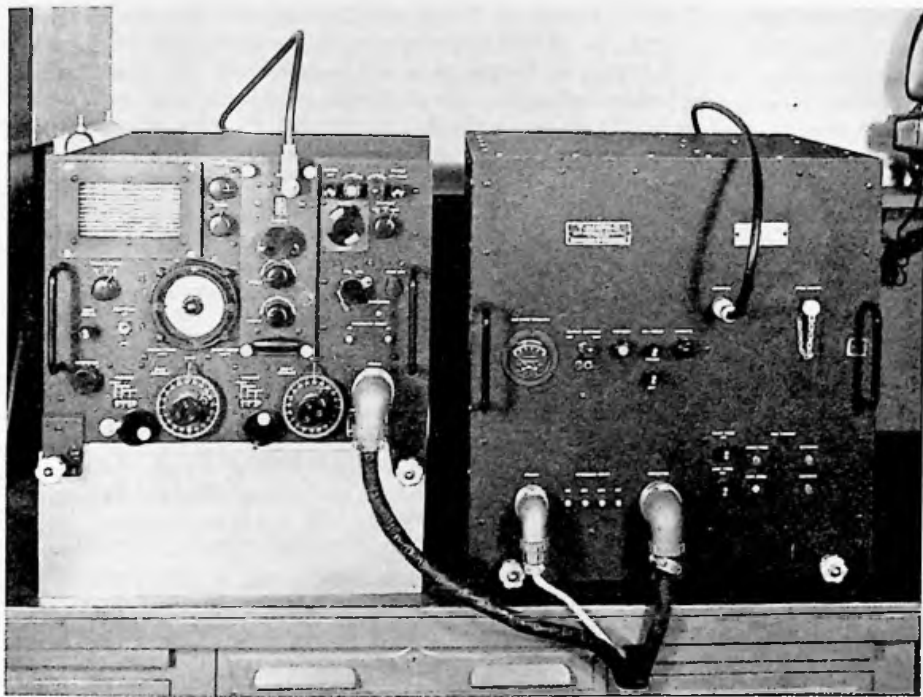


Fig. 12.41 SHORAN. Scheepsinstallatie; links ontvanger, rechts zender

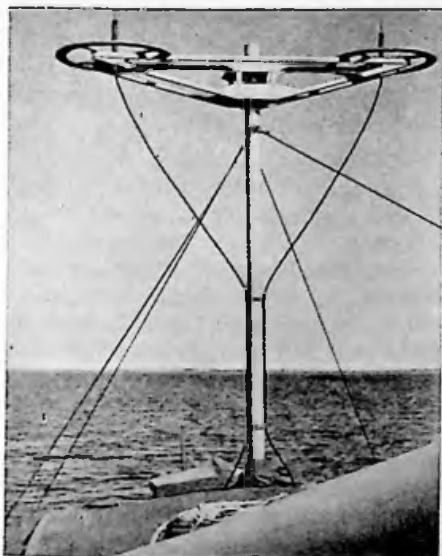


Fig. 12.42 SHORAN; opstelling scheeps-  
zendantenne en -ontvangantenne



Fig. 12.43 SHORAN; ontvangantenne en  
zendantenne van een grondstation



een veel kleiner aantal drie- of veelhoeken kan worden verdeeld, hetgeen zowel uit een oogpunt van uitvoering als uit een oogpunt van foutenvoortplanting dusdanig grote voordelen heeft, dat men de geringere nauwkeurigheid in vele gevallen kan accepteren. Voor uitgestrekte gebieden, waar terrestrische triangulatie — vooral als het terrein vlak is — economisch onuitvoerbaar is, biedt Shoran reeds thans buitengewoon grote mogelijkheden om een meetkundige grondslag te bepalen welke aan alle praktische eisen voldoet en welke in de toekomst wellicht van gelijkwaardige kwaliteit zal kunnen zijn als een terrestrische triangulatie; het systeem wordt dan ook in de U.S.A. en in Canada op uitgebreide en in Australië op minder uitgebreide schaal toegepast en voor nadere gegevens daarover wordt verwezen naar de literatuurlijst. Het met Shoran overbruggen van afstanden welke beduidend groter zijn dan 700 kilometer lijkt — ook in de toekomst — niet wel mogelijk.

De tweede geodetische toepassing is de geïsoleerde plaatsbepaling van een vliegtuig t.o.v. de twee in coördinaten bekend zijnde grondstations m.b.v. 2 (practisch) gelijktijdig waargenomen afstanden. Voor zeer nauwkeurige plaatsbepaling dient de overschakeling van de vliegtuigzender van 210 op 260 Mc/s met een hogere frequentie dan de gebruikelijke van  $10 \times$  per seconde te geschieden.

Uiteraard kan slechts de verticale projectie van het vliegtuig op het aardoppervlak bepaald worden en moet de derde coördinaat — de hoogte — daartoe bij benadering bekend zijn. Bij deze toepassing kan de waarneming niet in hetzelfde punt herhaald worden en is de m.f. in één enkele afstandsmeting van de orde van 1/20.000 van de afstand, doch nimmer kleiner dan de onvermijdelijke systematische fout, welke tot op heden niet tot minder dan ongeveer 3 meter kan worden teruggebracht (in de praktijk meestal wel iets meer). De uiteindelijke fout in de standplaats (fix) wordt mede bepaald door de snijdingshoek tussen de twee cirkelvormige meetkundige plaatsen.

De hydrografische toepassingen zijn in beginsel dezelfde als die welke beschreven zijn voor gebruik in een vliegtuig, met uitzondering van de hoogte van W, welke in dit geval geen noemenswaardige rol speelt. Ook de nauwkeurigheid is gelijkwaardig. Voor nadere details over hydrografische toepassing wordt verwezen naar de nos. 42 en 43 van de literatuurlijst aan het einde van dit hoofdstuk en naar par. 12.11.2.

De figuren 12.41, 42 en 43 geven een indruk van de bij de U.S. Coast & Geodetic Survey voor hydrografische opneming gebruikte Shoran-installatie.

## 12.8 Electronic Position Indicator = E.P.I.

### 12.8.1 Algemeen

Het werkingsgebied van het in de vorige paragraaf besproken Shoran-systeem is voor *hydrografische* toepassing in het algemeen gesproken slechts klein. Voor grotere bereiken werd door het radiolaboratorium van de U.S. Coast & Geodetic Survey een ander systeem ontwikkeld, dat men de naam Electronic Position Indicator gegeven heeft.

Afgezien van nader te noemen details, is dit systeem identiek met Shoran, echter met dien verstande, dat het werkt op veel lagere frequentie (dus grotere golflengte); de frequentie ligt tussen 1800 en 2000 kc/s, dat is dus een golflengte van de orde van 150 meter. De kromming van de baan van radiogolven van die lengte is voldoende om een groot bereik mogelijk te maken bij betrekkelijk kleine hoogten van scheeps- en walstations (zie par. 12.2.1).

Evenals bij Shoran wordt aan boord een impuls uitgezonden en op de scheepsontvanger geregistreerd; deze impuls wordt door een walstation opgevangen en heruitgezonden om daarna eveneens op de scheepsontvanger te worden geregistreerd. Met 2 als antwoordbaken werkende walstations worden dan nagenoeg gelijktijdig 2 afstanden gemeten, waaruit de plaats van het schip kan worden afgeleid als de walstations in coördinaten bekend zijn; de E.P.I. positielijnen zijn dus ook cirkels.

De eerste proeven in het terrein werden in 1945 genomen en in 1947 werd een verbeterde uitvoering (Mark II, model I) beproefd. Daarna werden nog verdere verbeteringen aangebracht en de thans (1951) gebruikte installatie is bekend onder de naam E.P.I. Mark III model II.

### 12.8.2 Scheepsstation

Fig. 12.44 is een afbeelding van het nieuwste type scheepszender. Per 4 seconden worden alzijdig (omnidirectional) 125 impulsen uitgezonden, zodat de „impulsfrequentie” bedraagt  $\frac{125}{4} = 31,25/\text{sec}$ . Om verwarring tussen de op de scheepsontvanger geregistreerde uitgaande en bijbehorende terugontvangen impulsen te voorkomen, mag de looptijd van een impuls dus niet meer dan  $\frac{1}{31,25}$  seconde be-

dragen, hetgeen correspondeert met een „dubbele” afstand van  $\frac{300.000}{31,25} \approx 9600$  km en een „enkele” afstand van 4800 km. of 2600 zeemijl. Daarbij is echter verondersteld, dat de heruitzending door het walstation zonder enig tijdverlies zou plaats hebben. Dit is in werkelijkheid niet het geval, terwijl de beschikbare tijd van  $\frac{1}{31,25}$  seconde

bovendien nog gebruikt moet worden voor verschillende andere functies van de radio-installatie. Tengevolge daarvan kan verwarring in de interpretatie van de verschillende signalen van de scheeps- en de walzenders slechts voorkomen worden als men het bereik beperkt tot afstanden van maximaal 260 zeemijl = 480 km; dit is voor de gebruikelijke hydrografische toepassingen ruimschoots voldoende (zie ook par. 12.8.4).

Op de bij Shoran gebruikte korte golflengten van rond 1 meter is het mogelijk zeer korte impulsen te produceren (ongeveer  $0,25 \mu \text{ sec.}$ ), doch op de bij de E.P.I. gebruikte golven van 150 meter is dit radio-technisch niet mogelijk en is de impulsduur  $40 \mu \text{ sec.}$

De zender wordt gecontroleerd door een kristal, waardoor de frequentie — zonder gebruik te maken van een thermostaat — gehandhaafd wordt met een nauwkeurigheid van  $1/10^6$ ; periodieke controle van de frequentie geschiedt met behulp van de seinen van het bekende radiostation WWV van het Amerikaanse Central Radio Propagation Laboratory en de eventueel nodig blijkende kleine correcties kunnen worden aangebracht.

Fig. 12.45 is een afbeelding van de scheepsontvanger (zonder de zender, waarvan de afmetingen ongeveer  $3 \times$  zo groot zijn). Op de kathodestraalbuis wordt elektronisch een verticale tijdbasis geproduceerd. Ter weerszijden van die verticale lijn (niet zichtbaar in de figuur) worden de uitgaande impulsen zichtbaar gemaakt; zij hebben dezelfde vorm als aangegeven in fig. 12.37. De van de antwoordbakens terug-



Fig. 12.44 E.P.I. zender a/b opn.vrtg. „EXPLORER”

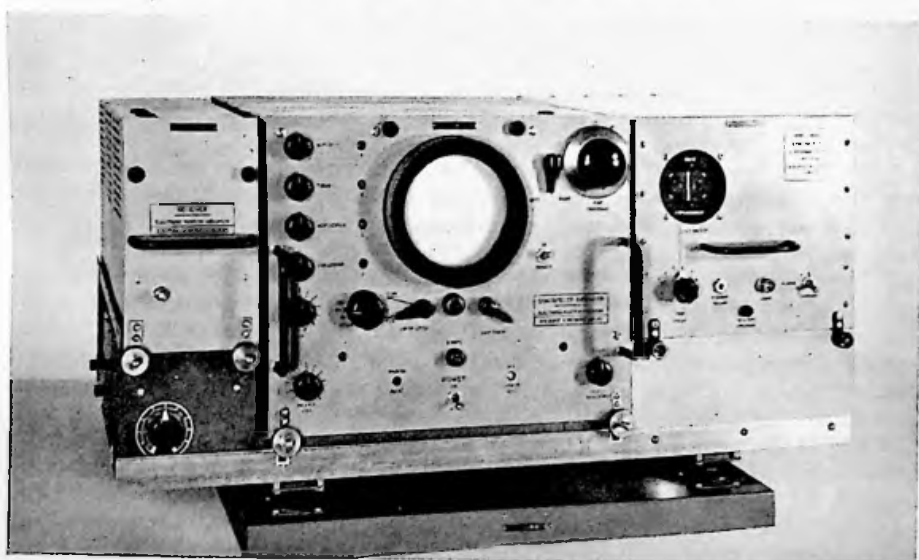


Fig. 12.45 E.P.I. Mark III, Model II

ontvangen impulsen worden voor het éne baken links en voor het andere baken rechts van die lijn aangegeven. Als gevolg van ongelijke afstanden zijn de signalen van ongelijke sterkte en dienen de „pips” eerst van gelijke grootte gemaakt te worden door draaien aan een daarvoor bestemde knop op de ontvanger. Nadat dit geschied is, worden achtereenvolgens links en rechts de „pips” tot samenvallen gebracht op de wijze zoals in fig. 12.38 is aangegeven. Dit geschiedt door draaien van de knop links onder op de ontvanger (fig. 12.45). Aan die knop is tevens een afstandschaal aangebracht, waarop de afstanden tot op 0,01 statute mile (16 meter) rechtstreeks kunnen worden afgelezen en onderdelen worden geschat.

De tijdbasis van de kathodestraalbuis kan op verschillende snelheden worden ingesteld; de met behulp van knoppen op het paneel van de ontvanger in te stellen snelheden corresponderen met tijdbases van resp. 1000 (slow sweep), 100, 10 en 1 statute miles (fast sweep; regelbaar in 3 trappen). Evenals bij Shoran wordt eerst een meting verricht op de slow sweep, waarna achtereenvolgens op de 3 trappen van de fast sweep wordt overgeschakeld; de eigenlijke afstandmeting geschiedt op de op 1 st.mi. ingestelde tijdbasis, en op de in 100 delen verdeelde schaal (knop links onder) wordt zodoende een afleesnauwkeurigheid van 0,01 st.mi. bereikt. Op een varend schip behoeven de eerstgenoemde instellingen slechts éénmaal of enkele malen te geschieden en wordt de verandering in afstand bijgehouden op de 1 mijl schaal.

Bij de uitvoering als van fig. 12.45 dienen de metingen van de 2 afstanden tot de beide grondstations achtereenvolgens te geschieden. Praktisch gelijktijdige meting van die 2 afstanden — zoals bij Shoran — is in beginsel mogelijk, doch leidt tot een meer gecompliceerde ontvanger. Aangezien de snelheid van een schip nimmer zeer groot is, acht men achtereenvolgende meting echter geen bezwaar, mede omdat zulks bij enige oefening zeer kort achter elkaar kan geschieden.

De ontvangantenne is een verticale, geïsoleerde draad, terwijl als zendantenne een dergelijke draad kan worden gebruikt, dan wel de normale scheepsantenne — bij voorkeur een T-antenne (flattop antenne) — welke voor radiocommunicatie gebruikt wordt. Evenals bij Decca, dient de plaats van deze antennes op deskundige wijze gekozen te worden in verband met mogelijke storende effecten van masten en stagen.

### 12.8.3 Grondstations

Het essentiële verschil tussen de beide grondstations is gelegen in het verschil in de vertraging, waarmede zij de van het schip ontvangen impulsen heruitzenden. Overigens zijn zij beide radio-technisch gelijk en werken op dezelfde frequentie als de scheepszender. Het éne grondstation zendt uit met een zeer kleine vertraging, doch voor het andere station is de vertraging zodanig gekozen dat zij die van het eerste overtreft met een bedrag dat correspondeert met een „enkele” afstand van tenminste 260 zeemijl (d.i. dus  $\frac{1}{10} \times \frac{1}{31,25}$  secunde). Dit maakt identificatie van de beide aan boord ontvangen „pips” mogelijk, omdat laatstgenoemde steeds „veel” later arriveert dan de eerste.

De zenders van de grondstations worden door eenzelfde type kristal gecontroleerd als de scheepszender; ook hier dient van tijd tot tijd het WWVsein ter controle gebruikt te worden en kunnen zonodig kleine correcties worden aangebracht.

De ontvanger is in beginsel identiek met de schepsontvanger. Zowel de van het schip ontvangen impulsen, als de eigen uitgezonden impulsen, worden op een kathodestraalbuis geregistreerd; hun verschil moet gelijk zijn en blijven aan de voor het grondstation vastgestelde vertraging. De ontvanger functioneert zodoende als monitor en het bedieningspersoneel kan zonodig correcties aanbrengen.



Fig. 12.46 E.P.I. grondstation

Fig. 12.46 is een afbeelding van het antennesysteem van een grondstation; de mast op de voorgrond functioneert als zendantenne, die op de achtergrond als ontvangantenne. Evenals bij Decca wordt bij beide antennes een grondmat gebruikt teneinde de energieverliezen in de grond te beperken. De afmetingen en samenstelling van de grondmat voor de zender zijn ongeveer gelijk aan die bij Decca (zie fig. 12.12);

de grondmat van de ontvangantenne kan in sommige gevallen — evenals bij de Decca-slaves — gemist worden en is van ongeveer de halve afmeting. Uitzending en ontvangst zijn niet gericht (d.w.z. alzijdig).

#### 12.8.4 Werkingsgebied

Zoals reeds eerder is vermeld, is het werkingsgebied radiotechnisch beperkt tot ongeveer 260 zeemijl of 480 km. Uitsluitend op technische gronden zou het zeer wel mogelijk zijn het werkingsgebied uit te breiden. Afgezien van redenen als meerdere gecompliceerdheid vanwege de meerdere benodigde energie ter overbrugging van grotere afstanden, is daarvan weinig nut te verwachten, omdat op grotere afstanden indirecte golven (sky-wave) ook overdag een voor kaarteringswerk storende rol gaan spelen. De door de U.S. Coast & Geodetic Survey uitgevoerde proeven hebben aangetoond, dat het sky-wave effect *overdag* in uitzonderingsgevallen zelfs belangrijk kan zijn op afstanden kleiner dan 200 zeemijl; gebruik van E.P.I. des nachts komt niet in aanmerking (zie ook par. 12.11.1).

De meetkundige eigenschappen van de beide elkaar snijdende cirkelvormige patronen stellen dezelfde beperkingen aan het bruikbare werkingsgebied als bij Shoran. De kleinste snijdingshoek tussen de Shoran positielijnen(cirkels) welke men in een bepaald geval nog toelaatbaar kan achten, wordt bepaald door de uiteindelijk nagestreefde nauwkeurigheid.

#### 12.8.5 Toepassingen en nauwkeurigheid

De E.P.I. werd voor het eerst in 1947 toegepast voor een hydrografische kaartering van grote omvang, namelijk voor de beloding van een diepzeegebied van circa  $120 \times 120$  zeemijl in de Golf van Mexico. De afstand tussen de slechts enkele meters boven zeeniveau in vlak terrein aan de kust opgestelde antwoorbakens was 130 zeemijl. Evenals bij Decca is de plaats van opstelling niet critisch, hoewel de door E.P.I. gebruikte golven van 150 meter lengte hogere eisen stellen ten aanzien van mogelijke reflecties door terreinvoorwerpen dan de Decca-golven van circa 3000 meter. De basislijn liep voor  $\frac{1}{3}$  over laag land van vrij goed geleidingsvermogen en voor  $\frac{2}{3}$  over zee. Gegevens over verschillen in voortplantingssnelheid over land en over zee zijn niet bekend, doch ongetwijfeld is een dergelijk verschil aanwezig, zodat basislijnen over zee — indien mogelijk — te prefereren zijn. De noodzaak van het gebruik van een grondmat voor de zender en de wenselijkheid daarvan voor de ontvanger is reeds vermeld.

Het lijkt niet mogelijk om de bestaande grondstations door meer dan één schip te doen gebruiken; bij gewijzigde apparatuur lijkt de mogelijkheid daartoe echter wel verwezenlijkt te kunnen worden. Gebruik in sloepen is vanwege de omvang van de scheepsinstallatie uitgesloten.

Over stroomverbruik en gewicht van de installatie zijn geen gedetailleerde gegevens bekend. Voor de aan boord opgestelde zender-ontvanger zal dat van de orde van  $\frac{1}{2}$  kilowatt zijn en voor de grondstations iets van dezelfde orde. Het gewicht van de scheepsinstallatie zal ongetwijfeld groter zijn dan bij Decca, terwijl het gewicht van een grondstation iets kleiner zal zijn dan bij de nieuwste uitvoering van survey Decca, d.w.z. 3 ton.

De mogelijkheid van storing door andere radiostations lijkt in beginsel kleiner dan bij Shoran, omdat bij E.P.I. slechts 1 enkele golflengte gebruikt wordt.

Daar staat tegenover, dat de gebruikte golflengte ligt in de band van de door het navigatiesysteem LORAN gebruikte frequenties, welke stations de in par. 12.4 genoemde zeer brede band hebben. De rapporten van de operationele toepassingen vermelden echter geen moeilijkheden welke uit dien hoofde zouden zijn ondervonden. Blijkbaar werden evenmin moeilijkheden ondervonden met luchtstoringen, waarvan het niveau in de Golf van Mexico zeer hoog is.

Bij het uitgevoerde project — Golf van Mexico — was slechts zeer weinig controle mogelijk op de uiteindelijk bereikte nauwkeurigheid. Alleen op de Noorderlijkste lodingslagen was het in sommige gevallen mogelijk om de door E.P.I. verkregen plaatsbepaling te controleren door snelliusmeting van punten aan de wal. Bij die gelegenheden bleek, dat de nauwkeurigheid in de meting van een afstand schip — grondstation van de orde van 100 voet (30 meter) was, terwijl aanwijzingen verkregen werden dat het onwaarschijnlijk is dat die nauwkeurigheid kan worden opgevoerd <sup>1)</sup>. De nauwkeurigheid van de plaatsbepaling uit 2 afstanden is uiteraard afhankelijk van de snijdingshoek tussen de afstandcirkels; hiervoor wordt verwezen naar par. 12.5.7.2. Voor de rest van het belode gebied was een dergelijke controle niet mogelijk, doch er zijn geen redenen om te veronderstellen dat de fouten merkbaar zouden toenemen met de afstand. Talrijke kruisslagen werden uitgevoerd en de overeenstemming in de op de snijpunten gelode diepten was voldoende controle op de inwendige nauwkeurigheid (repeatability) van het systeem; deze methode levert uiteraard geen mogelijkheid om eventueel aanwezige systematische fouten te constateren, welker aanwezigheid — binnen de grenzen van de voor het beoogde doel gestelde nauwkeurigheidseisen — echter redelijkerwijze niet verondersteld mag worden. Hierbij wordt opgemerkt dat de beloding van dit gebied in open zee en zonder gevaren voor de scheepvaart, werd uitgevoerd op schaal 1 : 200.000, zodat 1 mm correspondeert met 200 meter. De plaats welke een dieptecijfer inneemt in aanmerking genomen, kunnen fouten tot 200 meter in dit geval zeker geaccepteerd worden en de werkelijke fouten in de plaatsbepaling zullen zonder twijfel aanmerkelijk geringer zijn geweest.

## 12.9 Lorac

### 12.9.1 Schematische beschrijving

Lorac (LONg Range ACcuracy) is een phasevergelijksysteem, waarbij de zenders volgens enigszins andere beginselen werken dan bij Decca. Het systeem is na de 2e wereldoorlog ontwikkeld door de Seismograph Service Corporation te Tulsa (U.S.A.).

Het lijkt wenselijk enkele opmerkingen omtrent het begrip *beat-frequency* te doen voorafgaan. In fig. 12.47 is  $p$  een golf met een frequentie van  $f_p = 250\text{ c/s}$ ; in fig. 12.48 is  $q$  een golf met een frequentie van  $f_q = 166,6\text{ c/s}$ . De golftoppen van de  $p$ -golf liggen zodoende  $1/250\text{ sec.} = 0,004\text{ sec.} = 4\text{ milliseconden}$  uit elkaar en die van de  $q$ -golf 6 millisecon. Indien de  $p$ - zowel als de  $q$ -golf op een tijdstip 0 in de phase 0° verkeren, dan zal die situatie zich op de tijdstippen 0+12, 0+24, enz. milliseconden herhalen. Het verschil tussen de beide frequenties  $p$  en  $q$  noemt men de *beat-frequency*, dat is dus de frequentie, waarmee een gelijk phaseverschil ( $p-q$ )

<sup>1)</sup> In enkele uitzonderingsgevallen werden (overdag) tengevolge van sky-wave fouten geconstateerd, waarvan het rapport alleen „very erratic operation” vermeldt.

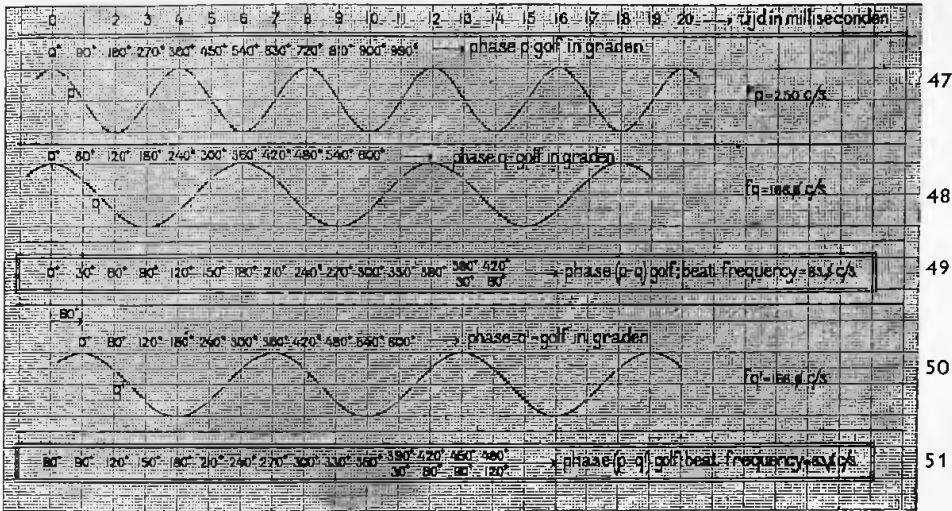


Fig. 12.47—12.51

zich herhaalt; in het hier gegeven voorbeeld is de beat-frequency  $250 - 166,6 = 83,3$  c/s. Op een willekeurig tijdstip is de phase van de beat-frequency-golf gelijk aan de phase van de p-golf verminderd met die van de q-golf (beide laatste op datzelfde tijdstip); fig. 12.49 geeft in tabelvorm de phase voor de beat-frequency aan;  $f_b = 83,3$  c/s.

Indien nu één van de beide oorspronkelijke golven — b.v. de q-golf — in phase verschoven wordt, dan verschuift daarmee de phase van de beat-frequency. In fig. 12.50 is de q'-golf identiek met de  $+ 60^\circ$  in phase verschoven q-golf van fig. 12.48 en uit fig. 12.51 blijkt, dat de phase van de beat-frequency dan eveneens  $+ 60^\circ$  veranderd is.

Wanneer men 2 zenders opstelt — een Master en een Slave — werkende op resp. 166,6 en 250 c/s en ergens binnen het werkingsgebied het phaseverschil meet op 83,3 c/s (met „decometers” van het bij Decca gebruikte type), dan wordt dus op 83,3 c/s een phaseverschil aangegeven, behorende bij een hyperbolisch patroon dat gebaseerd is op een frequentie van 166,6 c/s. Dit principe geldt onafhankelijk van de frequenties p en q en van hun verschil  $p - q$ .

Bij Lorac worden niet de in het voorbeeld genoemde frequenties en de daarbij behorende beat-frequency gebruikt, doch frequenties in de buurt van 1700 kc/s, terwijl het verschil tussen de frequenties van Master en Slave (de beat-frequency) slechts enkele honderden cycles/sec. bedraagt.

Het aan Lorac ten grondslag liggende beginsel wordt nader verduidelijkt in fig. 12.52. De Master zendt uit op een frequentie  $f_2$ ; deze golf wordt zowel door de Slave als door het schip opgevangen. Het Slave-station heeft in beginsel twee zenders; door de éne wordt de van de Master ontvangen  $f_2$ -golf opnieuw uitgezonden op een frequentie  $f_1$ , welke slechts 600 c/s. verschilt van  $f_2$ ; de tweede zender werkt even-



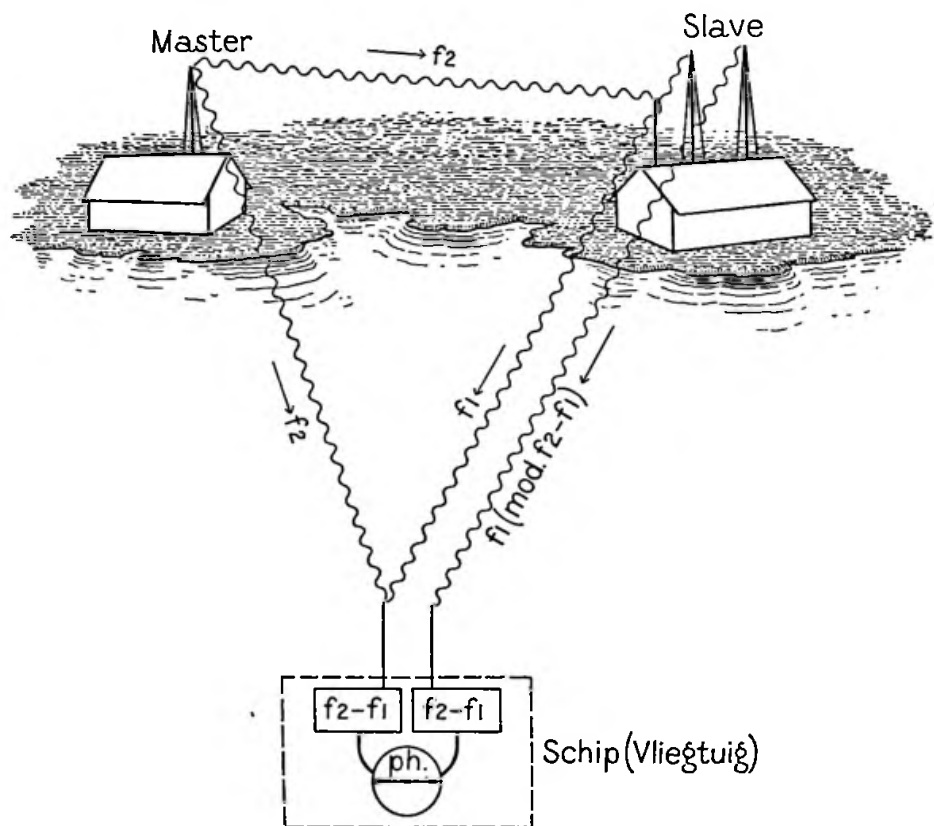


Fig. 12.52

eens op de frequentie  $f_1$ , doch op de door die tweede zender uitgestraalde golf is de beat-frequentie  $f_2 - f_1$  gemoduleerd. De scheepsontvanger heeft twee antennes; op de éne worden zowel de  $f_2$ - als de  $f_1$ -golf opgevangen, hetgeen mogelijk is omdat zij slechts 600 cycle in frequentie verschillen; op de andere wordt de  $f_1$ -golf ontvangen met de daarop aangebrachte modulatie van  $(f_2 - f_1)$ . De beide antennes zijn ieder aangesloten op een eigen ontvanger, waarin de frequentie  $(f_2 - f_1)$  uitgefilterd wordt. Het phaseverschil kan nu gemeten worden op twee gelijke frequenties  $(f_2 - f_1)$  en dit verschil wordt aangegeven op de phaseverschilmeter ph. (type decometer van Decca).

De in fig. 12.52 getekende combinatie van Master en Slave levert 1 hyperbolische positielijn in een patroon, geldende voor de frequentie  $f_1$ . Voor een volledige plaatsbepaling is een tweede combinatie Master-Slave nodig, werkende op frequenties  $f_3$  en  $f_4$ ; de voor die combinatie gebruikte beat-frequentie is 250 c/s. Bij het hier beschreven z.g. „basic type Lorac” zijn dus 4 frequenties nodig. Master en Slave behoeven echter niet gesynchroniseerd te zijn; de enige eis is dat de phase van de beide door de Slave uitgezonden golven gelijk is. In de scheepsontvanger behoeft geen vermenigvuldiging te worden toegepast, zoals bij de Decca-ontvanger. Zowel

de zend- als de ontvanginstallatie kan daardoor eenvoudiger zijn dan bij Decca, doch de voordelen daarvan zijn betrekkelijk, hetgeen in par. 12.12 nader zal worden toegelicht.

In plaats van het zo juist beschreven „basic type”, gebruikt men in de praktijk het z.g. „Lorac type A system”. Het berust op dezelfde beginselen, doch door de beide combinaties Master Red Slave en Master Green Slave om beurten te laten werken heeft men het frequentiegebruik weten te beperken tot 2 banden; het schema is aangegeven in fig. 12.53. Door een automatische wisselschakelaar wordt eerst de Master-zender  $Z_A$  in werking gesteld op een frequentie van 1652,125 kc/s; tegelijkertijd werkt de groene zender op een frequentie van 1651,875 kc/s. Deze beide golven worden opgevangen door de op 1652 kc/s  $\pm$  300 c/s afgestemde scheepsontvanger  $O_{AG}$  en door de ter plaatse van de Red Slave opgestelde soortgelijke ontvanger  $O_{AG}$ . Gedurende de periode dat de zender  $Z_A$  in werking is, wordt tevens door de zender  $Z_R$  uitgezonden op de frequentie 1699,700 kc/s. met daarop gemoduleerd de frequentie 1652,125 — 1651,875 kc/s = 250 c/s, welke laatste wordt ontvangen door de op 1700 kc/s  $\pm$  700 c/s afgestemde scheepsontvanger  $O_{BR}$  en door de ter plaatse van de Green Slave opgestelde soortgelijke ontvanger  $O_{BR}$ . Dit complex van uitzendingen en ontvangst geschiedt gedurende het zeer korte tijdsverloop van b.v. 1/100 seconde en is aangegeven door de vol getrokken lijnen.

Daarna schakelt de wisselschakelaar automatisch om op de zender  $Z_B$  (Master) en volgt het complex van uitzendingen en ontvangst dat door de gestippelde lijnen is aangegeven. De opeenvolging is zo snel, dat de uitzendingen en ontvangst voor alle praktische doeleinden als gelijktijdig beschouwd kunnen worden.

In de scheepsontvanger wordt een soortgelijke (niet getekende) omschakeling toegepast als in het Master-station; zij wordt automatisch geregeld door de ontvangen signalen. Ook de omschakeling van de Rode en Groene zenders geschiedt op soortgelijke automatische wijze.

De rode phaseverschilmeter werkt op een frequentie van 250 c/s en geeft de phaseverschillen behorende bij een hyperbolisch patroon dat berekend moet worden met een frequentie van 1699,700 kc/s. De groene meter werkt op  $f = 600$  c/s en het daarbij behorende patroon dient berekend te worden met  $f = 1651,875$  kc/s. Dit betekend, dat de golflengten van de orde zijn van  $\frac{300.000.000}{1675.000} \approx 180$  meter, zodat

de breedte van 1 lane op de basislijn voor beide patronen ongeveer 90 meter bedraagt. Evenals bij Decca zijn de phaseverschilmeters in staat phaseverschillen van 3°,6 of 1/100 lane te meten; de afleesnauwkeurigheid bedraagt bij Lorac dan ook 1/100 van de lanebreedte, d.w.z. 0,9 meter op de basislijn. Lane-identification wordt, evenals bij Survey-Decca, niet toegepast en het juiste lane-nummer moet dan ook bij het begin van een reis ingesteld worden. Op de voor- en nadelen van de smalle Lorac lanes wordt nader teruggekomen in par. 12.12.

De Lorac-patronen worden op soortgelijke wijze berekend als die van Decca; het enige verschil is dat de comparison-frequencies van Decca (F) vervangen worden door  $f_R = 1699,700$  kc/s en  $f_G = 1651,875$  kc/s. Toevoeging van een derde Slave is bij Lorac niet gebruikelijk, doch is ten koste van meerdere gecompliceerdheid van de installatie wel mogelijk.

Men is bij Lorac uiteraard niet nauwkeurig gebonden aan de hierboven genoemde frequenties; voor een andere chain kiest men enigszins afwijkende frequenties.

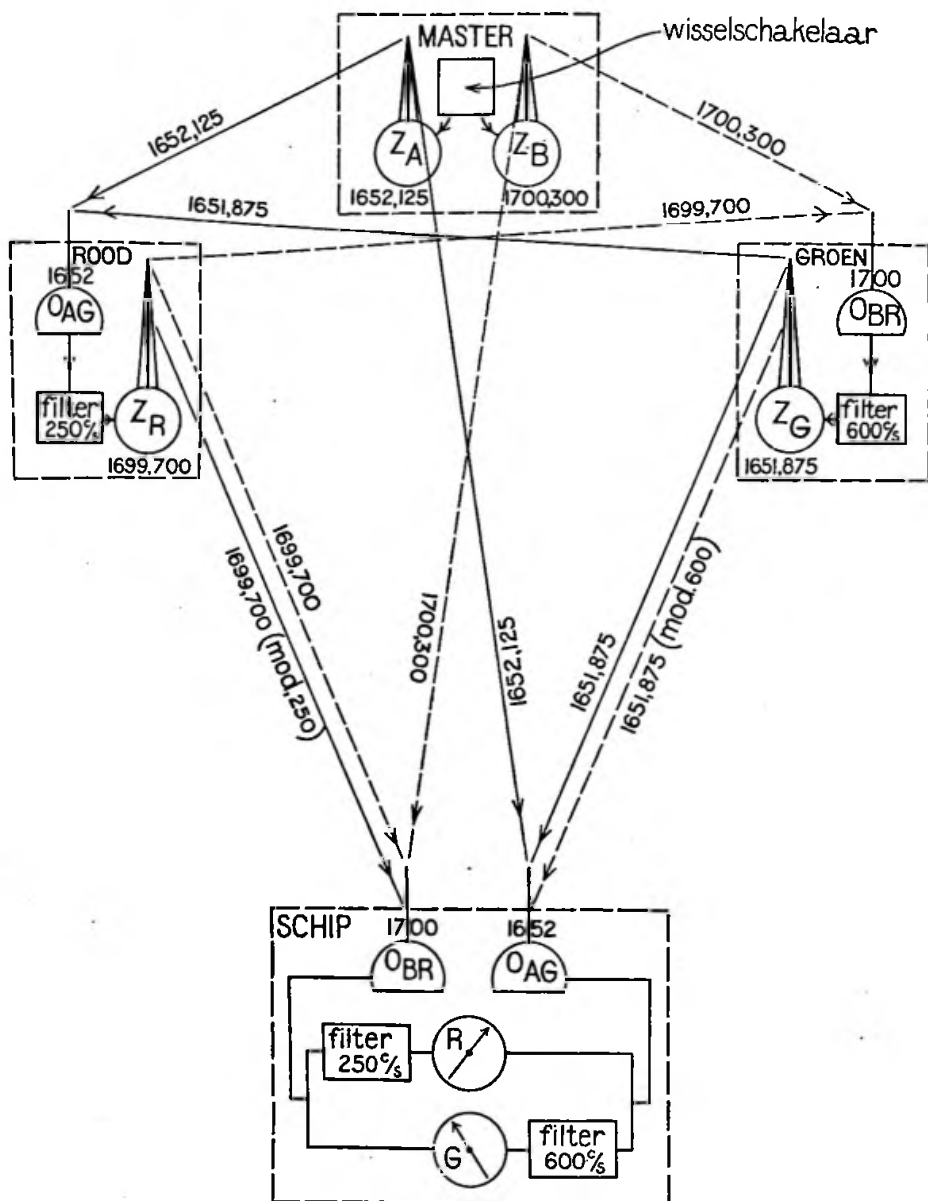


Fig. 12.53

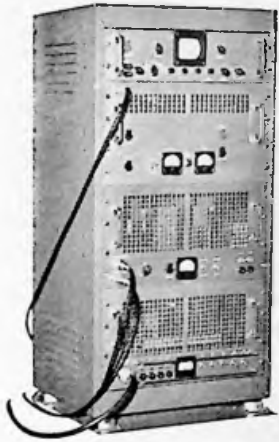


Fig. 12.54 LORAC type A  
Slave zender (100 Watt)

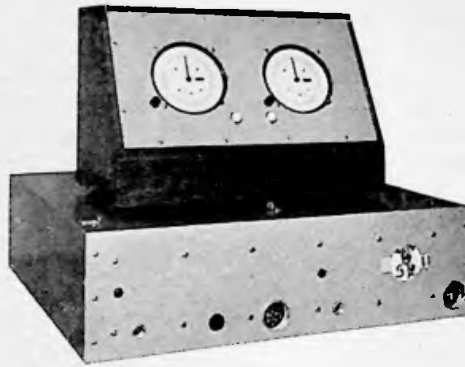


Fig. 12.55  
LORAC type A scheepsontvanger en indicator



Fig. 12.56 LORAC zendstation

### § 12.9.1

De frequenties worden in verband met het verwezenlijken van een behoorlijk groot werkingsgebied, doch ook om radiotechnische redenen gekozen tussen ongeveer 1500 kc/s en 2000 kc/s.

Fig. 12.54 is een afbeelding van een Lorac type A Slave-zender met een vermogen van 100 Watt; een Master-zender is iets gecompliceerder.

Fig. 12.55 is een afbeelding van een type A scheepsontvanger met de daar bovenop geplaatste indicator; ontvanger en indicator kunnen afzonderlijk worden opgesteld en zijn dan door een snoer verbonden.

In fig. 12.56 is tenslotte een zendmast met zendstation afgebeeld. De mast heeft een hoogte van 30 meter; absorptie van de uitgestraalde energie in de grond wordt beperkt door een grondmat van het bij Decca gebruikte type.

### 12.9.2 Werkingsgebied

Blijkens par. 12.2.1 is de kromming van de baan van hectometergolven 1 à 3 maal die van het aardoppervlak. Bij de door Lorac gebruikte golflengte van rond 200 meter is de kromtestraal ongeveer  $1\frac{1}{2} \times$  de aardstraal. Aangezien de zendmasten 30 meter hoog zijn en de scheepsantenne ook altijd een zekere hoogte boven water heeft, is een bereik van meerdere honderden kilometers gemakkelijk te verwezenlijken, althans voor zover de aardkromming betreft. Het bereik is verder afhankelijk van de zendenergie, welke voor een bereik van enkele honderden kilometers en onder omstandigheden van middelmatige atmosferische ruis ongeveer 600 Watt bedraagt; de daartoe benodigde zenders zijn dan ook groter dan de in fig. 12.54 afgebeelde zender van 100 Watt.

### 12.9.3 Toepassingen en nauwkeurigheid

Tot vóór 1950 werd Lorac uitsluitend toegepast voor proefnemingen op betrekkelijke korte afstanden. De eerste operationele Lorac chain werd in Januari 1950 aan de kust van Texas in gebruik gesteld ten dienste van de plaatsbepaling op zee bij een geofysisch onderzoek. Het vermogen van de Master- en Slave-zenders was resp. 720 en 530 Watt.

De nauwkeurigheid van de plaatsbepaling is afhankelijk van een groot aantal factoren. Zij wordt beheerst door de instrumentale nauwkeurigheid, de voortplantings-eigenschappen van de radiogolven en de meetkundige eigenschappen van de 2 elkaar snijdende hyperbolische patronen. Voor zover men uitsluitend te maken heeft met *ongestoorde* voortplanting van de directe golf, is de nauwkeurigheid in de bepaling van één enkele Lorac-lijn ongeveer gelijk aan de instrumentale nauwkeurigheid, dat is 1/100 van de lane-breedte (0,9 meter op de basislijnen). Als kaarteringssysteem is Lorac slechts bedoeld voor toepassingen overdag en binnen een afstand van 200 à 300 km zal zelden last ondervonden worden van sky-wave, waarvan het effect soortgelijk zou zijn als bij Decca (zie fig. 12.18). Een gevaar lijkt echter gelegen te kunnen zijn in de noodzakelijkerwijze brede band van de ontvangers, welke om technische redenen ruim  $2 \times$  zo groot moet zijn als de beat-frequency. In de in par. 12.9.1 voor het type A genoemde voorbeeld betekent dit een bandbreedte van circa 600 cycles voor de op 1652 kc/s afgestemde ontvangers en een bandbreedte van circa 1400 cycles voor de ontvangers, afgestemd op 1700 kc/s. In de buurt van deze frequenties werken talrijke omroep- en communicatiestations; de kans dat deze in de genoemde wijde kanalen binnendringen is dus vrij groot en zij kunnen de hyper-

bolische patronen ernstig verstoren zonder dat de zekerheid bestaat dat men daarvoor gewaarschuwd wordt.

Van het met de Texas-chain uitgevoerde werk is alleen gepubliceerd, dat in op dezelfde plaats herhaalde waarnemingen een overeenstemming binnen „enkele voeten” werd bereikt; over absolute nauwkeurigheden — welke mede beïnvloed kunnen worden door de zo juist genoemde storingsmogelijkheden — wordt niets vermeld. Afgezien van dergelijke storingsmogelijkheden lijkt er echter geen reden te zijn om ernstige systematische fouten te vrezen, en kan vermoedelijk iets van de orde van 0,02 lane verwacht worden.

Vanwege de bredere band van de ontvanger is Lorac meer gevoelig voor luchtstoringen dan Decca (waar de ontvangstband slechts 30 cycles breed is). Desondanks is de band nog smal genoeg om het effect van luchtstoringen gering te doen zijn, vooropgesteld, dat de waarnemer zich gedurende een periode van een onafgebroken sterke luchtstoring (sterker dan de door de ontvanger opgevangen energie) niet van de éne lane naar de andere verplaatst heeft.

## 12.10 Raydist

### 12.10.1 Schematische beschrijving

Raydist is een radioplatsbepalingssysteem waarmee onder bepaalde omstandigheden grote nauwkeurigheid bereikt kan worden. Het systeem werd in de

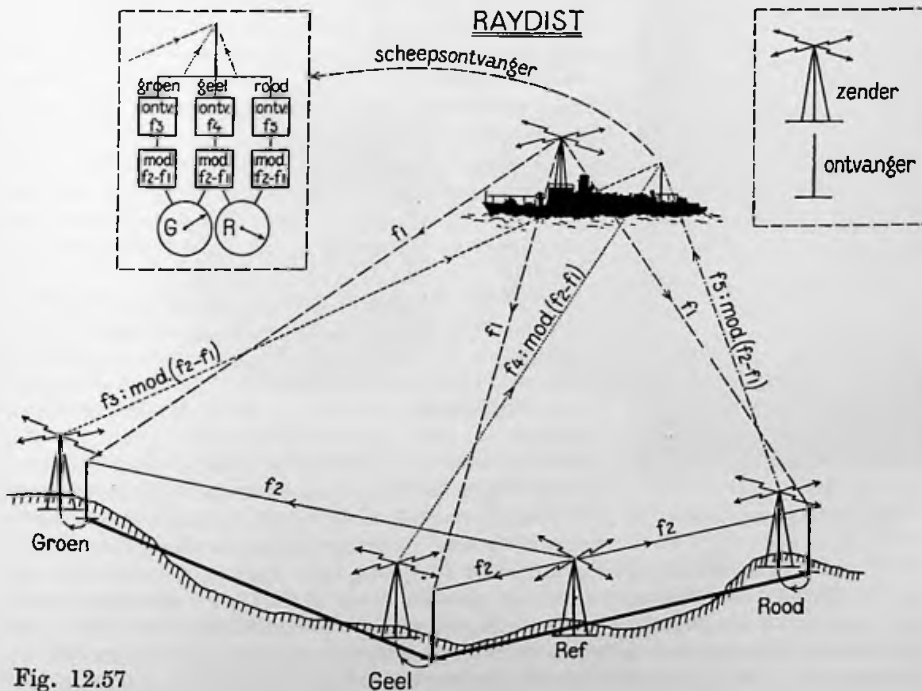


Fig. 12.57

jaren na 1940 ontwikkeld en wordt vervaardigd door de Hastings Instrument Co. Inc. te Hampton, Virginia, U.S.A. Raydist kan voor verschillende doeleinden worden gebruikt; de hier te geven beschrijving heeft betrekking op hydrografisch gebruik van het nieuwste type (1951).

Aan de hand van fig. 12.57 kan de werking als volgt schematisch beschreven worden.

Door een aan boord opgestelde zender worden continue ongemoduleerde golven alzijdig uitgezonden op een frequentie  $f_1$ . Een aan de wal opgestelde z.g. referentiezender (reference transmitter) zendt eveneens alzijdig continue ongemoduleerde golven uit, en wel op een frequentie  $f_2$ , welke slechts enkele honderden cycles/sec. hoger is dan  $f_1$ .

De golven  $f_1$  en  $f_2$  worden opgevangen ter plaatse van de aan de wal opgestelde ontvangers Groen, Geel en Rood; deze ontvangers hebben een voldoende breed ontvangkanaal om zowel  $f_1$  als  $f_2$  te kunnen opvangen. De beat-frequency (zie par. 12.9.1 en fig. 12.47 t/m 51) van deze beide golven is gelijk aan  $(f_2 - f_1)$  en op deze beat-frequency wordt het phaseverschil gemeten.

Deze phaseverschillen zijn zowel functies van de afstanden van de referentiezender tot de 3 walontvangers, als van de afstanden van de scheepszender tot die 3 ontvangers. Eerstgenoemde afstanden zijn constant; de afstanden van de scheepszender tot de 3 walontvangers zijn constant bij een stationnair schip, doch veranderen (niet noodzakelijkerwijze alle drie) als het schip zich verplaatst. De ter plaatse van de walontvangers geconstateerde phaseverschillen zijn dus uitsluitend een functie van veranderingen in de afstanden schip-Groen en/of schip-Rood en kunnen via de golflengte rechtstreeks in afstandvariaties worden uitgedrukt.

De aldus verkregen informatie (phaseverschillen) wordt nu radiografisch naar het schip teruggezonden. Teneinde de informatie van de 3 stations van elkaar te kunnen onderscheiden, geschiedt dit op 3 verschillende frequenties, waarbij op ieder der uitgezonden draaggolven (met frequenties resp.  $f_3$ ,  $f_4$  en  $f_5$ ), de beat-frequency met behoud van het in de betrokken walontvanger gemeten phaseverschil gemoduleerd is. Aan boord van het schip wordt deze informatie opgevangen op een ontvangantenne, welke gekoppeld is

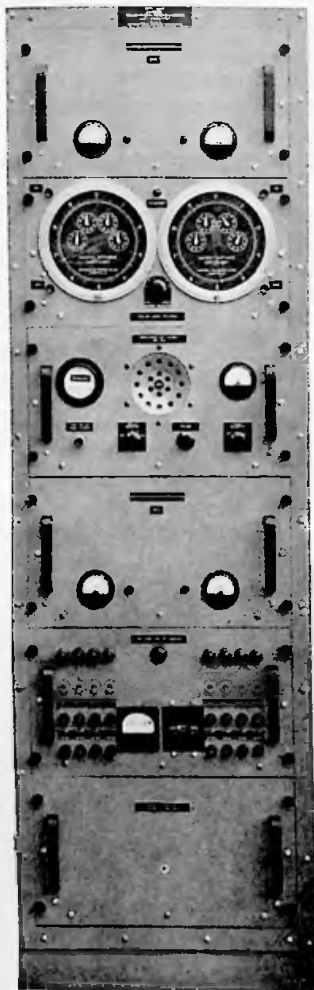


Fig. 12.58  
Raydist scheepsinstallatie

aan 3 ontvangkanalen, resp. afgestemd op  $f_3$ ,  $f_4$  en  $f_5$  (zie inzet in linkerbovenhoek van fig. 12.57). Na ontvangst wordt de gemoduleerde golf ( $f_2 - f_1$ ) gescheiden van de draaggolf en wordt het phaseverschil gemeten op de combinaties Geel-Groen en Geel-Rood en aangegeven op 2 meters, ter onderscheiding genoemd de Groene en de Rode meter; deze phaseverschilmeters zijn van hetzelfde type als de decometers van

Decca, doch enigszins anders van uitvoering. Fig. 12.58 is een afbeelding van de scheepsinstallatie; het tweede paneel van boven af gerekend is de indicator. In fig. 12.59 zijn de aflezingen van de indicatoren: groen = 0152,601 en rood 0124,193; de meters zijn van het integrerende type, zoals een kilometerteller van een auto.

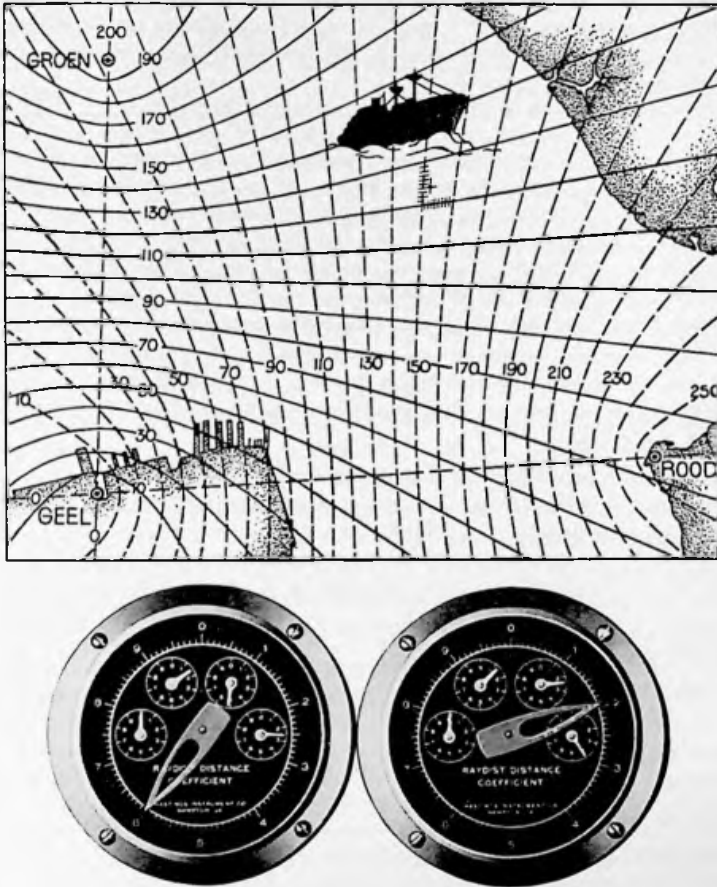


Fig. 12.59

Hoewel de eigenlijke faseverschilmeting op de walstations zowel als op het schip geschiedt op de frequentie  $(f_2 - f_1)$ , is het faseverschil hetzelfde als verkregen zou zijn geworden bij faseverschilmeting op de frequentie  $f_1$  (zie par. 12.9.1 en fig. 12.47 t/m 51). Aangezien de scheepsontvanger faseverschillen Geel minus Groen en Geel minus Rood meet, wordt dus gemeten in hyperbolische patronen — ter onderscheiding aan te duiden als Groen en Rood — welke beide gebaseerd zijn op en berekend dienen te worden met de frequentie  $f_1$ .

Het opnemingsvaartuig dient dus te beschikken over van te voren berekende en getekende kaarten met hyperbolische netten, waarbij uitgegaan wordt van bekende



coördinaten van de walstations, van de frequentie  $f_1$  (voor beide patronen) en van de voortplantingssnelheid van de radiogolven. De berekening geschiedt op soortgelijke wijze als bij Decca, doch wordt hier niet nader besproken.

Voor hydrografische toepassing is het uiteraard gewenst de ontvanger aan boord op te stellen, aangezien men aan boord wenst te beschikken over de nummers van de hyperbolische positielijnen op het moment van waarneming en de positie van het schip dus onmiddellijk kan kaarteren op het constructieblad, waarop de berekende hyperbolische patronen getekend zijn.

Voor navigatiegebruik gaat men soms echter anders te werk. Het betreffende schip is dan wel voorzien van een zender, doch heeft geen ontvanger en geen navigatiekaart met overgedrukt hyperbolisch patroon. De ontvanger wordt in dat geval ergens aan de wal opgesteld. Als plaats daarvoor kan gekozen worden één der reeds bestaande walstations, doch opstelling op een andere plaats is in beginsel eveneens mogelijk. De plaats van de ontvanger is namelijk onverschillig, omdat zij uitsluitend de rol speelt van een centraal punt, waar de informatie van de 3 walontvangers verzameld en geanalyseerd wordt. Bij een aan de wal opgestelde ontvanger kan de informatie zowel per kabel als draadloos worden toegezonden. Dit walstation beschikt dan over een normale zeekaart met overgedrukte hyperbolische patronen. Na kaartering van de positie van het schip worden op die zeekaart geografische lengte en breedte afgepast en worden die gegevens radiotelegrafisch of telefonisch doorgegeven aan het schip.

Raydist maakt gebruik van de volgende frequenties:

- a.  $f_1$  en  $f_2$  tussen 2 Mc/s en 5 Mc/s (golflengten tussen 150 en 60 meter); de frequentie  $f_2$  is enkele honderden cycles hoger dan  $f_1$ ;
- b.  $f_3$ ,  $f_4$  en  $f_5$  tussen 29 Mc/s en 40 Mc/s (golflengten tussen 10 en  $7\frac{1}{2}$  meter); ter vermijding van onderlinge storing liggen de frequenties  $f_3$ ,  $f_4$  en  $f_5$  ongeveer 0,04 Mc/s uit elkaar; op ieder der 3 draaggolven  $f_3$ ,  $f_4$  en  $f_5$  wordt de frequentie  $(f_2 - f_1)$  gemoduleerd.

Voor één der in par. 12.10.3 te noemen toepassingen werd van de volgende frequenties gebruik gemaakt:

$$\begin{aligned} f_1 &= 2,0068 \text{ Mc/s} \\ f_2 &= 2,0072 \text{ Mc/s} \end{aligned} \quad \left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} (f_2 - f_1) = 400 \text{ c/s}$$

$$\begin{aligned} f_3 &= 29,800 \text{ Mc/s} \\ f_4 &= 29,760 \text{ Mc/s} \\ f_5 &= 29,720 \text{ Mc/s} \end{aligned}$$

De hyperbolische patronen zijn dus in dit geval gebaseerd op een frequentie van 2,0068 Mc/s, d.w.z. op een golflengte van rond 150 meter. Op een basislijn is de breedte van een lane (evenals bij Decca) gelijk aan de halve golflengte, dat is dus 75 meter. De afleesnauwkeurigheid op de groene en rode meters is 0,01 lane met schattingsmogelijkheid tot op 0,001 lane, hetgeen dus correspondeert met 0,075 meter op de basislijn. Tengevolge van bepaalde fouten in de installatie zal de werkelijke nauwkeurigheid zelden groter zijn dan 0,01 lane of 0,75 meter, corresponderende met een faseverschil van  $0,01 \times 360^\circ = 3^\circ,6$ .

Evenals Decca, is Raydist te beschouwen als een nonius op het hyperbolische patroon. Het systeem biedt geen mogelijkheden om te constateren binnen welke lane

de waarnemer zich bevindt en vanwege de smalle lanes is het dus slechts bruikbaar als het punt van uitgang binnen  $\frac{1}{2}$  lane nauwkeurig bekend is; dit is een eis waaraan bij kaartering buiten zicht van land bezwaarlijk zal kunnen worden voldaan, zodat men de werkzaamheden van één dag steeds zal moeten aanvangen en (ter controle) beëindigen op een punt waar nauwkeurige terrestrische plaatsbepaling mogelijk is.

Raydist kan op een wijze, analoog aan die welke voor Decca beschreven is in par. 12.5.5, gebruikt worden voor het meten van afstanden. In dat geval wordt geen gebruik gemaakt van het Rode (of van het Groene) walstation. De bij proefnemingen bereikte nauwkeurigheid is vermeld in par. 12.10.3.

Op de boven beschreven toepassingen zijn meerdere variaties denkbaar, welke voor speciale doeleinden worden gebruikt. Zij zijn echter niet essentieel voor Raydist en gelden voor ieder phasevergelijksysteem. Aangezien die variaties van geen belang zijn voor hydrografisch werk, worden zij — in analogie met de voor de in de vorige paragrafen beschreven systemen gevolgde gedragslijn — hier niet nader genoemd. Om dezelfde reden wordt de gedeeltelijke of nagenoeg gehele automatisering welke voor alle systemen mogelijk is, hier slechts bij name genoemd.

### 12.10.2 Werkingsgebied

De kromming van de baan van de door Raydist gebruikte golven van een lengte van ongeveer 150 meter is voldoende om een bereik van vele honderden kilometers op zeeniveau mogelijk te maken. De beperkingen in de practisch bruikbare reikwijdte zijn gelegen in de energie van de zenders en het effect van sky-wave; wat deze laatste betreft, zijn storende effecten overdag onwaarschijnlijk op afstanden tot 100 à 200 kilometer, hoewel bij het op ongeveer dezelfde golfenlengte werkende E.P.I. systeem dergelijke effecten een enkele maal op die afstand geconstateerd zijn (zie par. 12.8.5).

Voor een Raydist installatie type E model 10 — waarbij de zenders een energie van 10 Watt uitstralen — wordt opgegeven, dat de signalen op een afstand van 30 kilometer te zwak worden. Voor het type E model 11 — met zenders werkende op 100 Watt — rekent men op voldoende signaalsterkte tot op 120 km vanaf een zender. In beide gevallen zijn deze maximale afstanden in hoge mate afhankelijk van het niveau van de atmosferische ruis, hetwelk in de tropen veel hoger is dan in de gematigde luchtstreken. Vanwege de brede band van de walontvangers kan het effect van dergelijke storingen minder goed beperkt worden dan bij Decca. Grotere reikwijdte lijkt zonder bezwaar te verwezenlijken door sterkere zenders, welke daardoor van grotere afmetingen worden. Voor model 10 is geen grondmat noodzakelijk, doch deze is onmisbaar indien men grotere afstanden wenst te overbruggen.

Evenals bij andere systemen is het practisch bruikbare werkingsgebied mede afhankelijk van de snijdingshoek tussen de radiopositielijnen.

### 12.10.3 Toepassingen en nauwkeurigheid

De bekende operationele toepassingen van Raydist zijn beperkt tot proeven in gebieden van kleine afmeting. Met een type E model 10 (10 Watt) werd een chain opgezet met basislengten van 7 à 8 kilometer. Uit controle m.b.v. terrestrische plaatsbepaling bleek de middelbare fout in het groene patroon te bedragen 0,012 lane en in het rode patroon 0,010 lane.

Een basislijn van ruim 4 kilometer werd gemeten met een middelbare fout (in het gemiddelde resultaat van 3 waarnemingen) van 41 cm. De middelbare fout in de gemiddelde lengte van een andere basis van ruim 21 km was 3,3 meter.

Bij deze proeven waren de zenders zodanig opgesteld dat de voortplanting van de radiogolven nagenoeg geheel over water plaats had. In verband met de betrekkelijk kleine golfengete kunnen te land geen nauwkeurige resultaten verwacht worden en dient in sommige gevallen — b.v. steile heuvels of bergland — rekening gehouden te worden met de mogelijkheid van reflecties.

Voor geologisch onderzoek in de Golf van Mexico zijn momenteel (1952) 2 Raydist-chains met een werkingssfeer van rond 100 km in gebruik. De bereikte nauwkeurigheden voldoen aan de gestelde eisen, doch gedetailleerde gegevens zijn niet gepubliceerd.

Over de resultaten, verkregen met een in 1951 door de Portugese Hydrografische Dienst voor opnamewerk in Afrika aangeschafte Raydist-chain, schijnt men zeer tevreden te zijn; details zijn echter tot nu toe (1952) niet gepubliceerd.

## 12.11 Operationele hydrografische toepassingen

### 12.11.1 Algemene opmerkingen

Een hydrografische kaartering bestaat — althans voor zover betreft het in kaart brengen van de diepten der wateren — uit een systematisch bepalen van het verloop van de (onzichtbare) zeebodem. Met behulp van het echolood wordt voor iedere loding-slag een continu profiel verkregen, doch om redenen van voortgang van het als regel zeer omvangrijke werk, dienen die slagen op betrekkelijk grote onderlinge afstand gelegd te worden, zodat het totale onderzoek van de zeebodem noodgedwongen het karakter heeft van het nemen van steekproeven, zij het volgens een deskundig opgezet plan.

Het is dan ook niet te verwonderen, dat een dergelijk werk, afhankelijk van de bodemformatie, moet aangevuld worden met een gedetailleerd onderzoek naar mogelijk tussen de lodingslagen gelegen ondiepten, welke aanwezigheid of waarschijnlijkheid door een ervaren opnemer veelal met het oog wordt ontdekt op grond van verkleuring, stroomrafeling e.d. In sommige terreinen kan de geologische formatie van zodanige aard zijn, dat een groot percentage van de gevaren slechts door visuele waarneming ontdekt wordt.

Dit houdt in, dat een hydrografische kaartering overdag dient te worden uitgevoerd. Zonder elektronische systemen was dit ook vroeger noodzakelijk vanwege de plaatsbepaling van de lodingen, welke volgens visuele methoden slechts overdag mogelijk is. Nu dergelijke systemen wel beschikbaar zijn, is plaatsbepaling des nachts — althans binnen zekere grenzen van nauwkeurigheid — weliswaar mogelijk, doch het uitvoeren van lodingwerk in onbekend terrein, dan wel in een gebied waarin steil oprijzende gevaren verwacht kunnen worden zonder daarbij goede uitkijk te kunnen houden, moet met de meeste nadruk worden ontraden.

Het aanvullende onderzoek naar gevaren geschiedt door dreggen en/of m.b.v. asdic. Wat het dreggen betreft is men zeer zeker eveneens beperkt tot daglicht; voor asdic geldt dit niet, doch m.b.v. dit hulpmiddel kan slechts een beperkte categorie van gevaren worden opgespoord.

Als algemene regel dient dus te worden gesteld:

*Systemen van radioplatsbepaling ten dienste van hydrografische kaartering dienen uitsluitend overdag toegepast te worden.*

In verband met deze beperking tot toepassing overdag, speelt de indirecte golf (sky-wave) zelden een merkbare rol, hetgeen voor alle systemen de nauwkeurigheid ten goede komt.

De grote mogelijkheden van radioplaatsbepaling ten dienste van hydrografische kaartering zijn gelegen in het feit, dat zij nauwkeurige plaatsbepaling-buiten zicht van land mogelijk maken en in sommige gevallen ook in staat stellen om visueel niet overbrugbare afstanden te meten. Voor werkzaamheden buiten zicht van land is dit — behalve voor normaal lodingwerk — ook van groot belang voor eventueel dregwerk. Een buiten zicht van land te dreggen strook kan alleen veilig gesteld worden door meerdere banen naast elkaar af te dreggen; een economische werkwijze is slechts mogelijk als de overlappen tussen die banen niet te groot zijn, terwijl uiteraard de *zeekerheid* moet bestaan, dat geen heilige dagen ontstaan tengevolge van een onnauwkeurige plaatsbepaling. Zonder radioplaatsbepaling zou men zich — indien de algemene diepte en andere omstandigheden dat toelaten — dienen te behelpen met plaatsbepaling op drijfbakens. Hieraan zijn de volgende bezwaren verbonden: 1e groot aantal bakens, vanwege de kleine afstand waarop zij zichtbaar zijn, 2e geringe nauwkeurigheid in de bepaling van die bakens en dus ook in de plaatsbepaling en in verband daarmee de noodzakelijkheid van oneconomisch brede overlappen tussen de dregbanen, 3e de noodzaak om althans een gedeelte van die bakens — welke in of nabij een vaarwater komen te liggen — te verlichten, zodat bezwaarlijk door een opnemingsvaartuig te hanteren lichtboeien gebruikt zouden dienen te worden, 4e de kans op overvaren, wegslaan of verdrijven dier bakens, 5e de kans dat het dregtuig verward raakt in de verankering van een baken en 6e de hoge kosten verbonden aan een dergelijke — gedeeltelijk uit lichtboeien bestaande — bebakening. Wat het onder 6e genoemde bezwaar betreft, wordt opgemerkt dat destijds voor het afdreggen van Straat Karimata is geraamd, dat het leggen, onderhouden en verleggen van een gedeeltelijk verlichte drijvende bebakening welke de mogelijkheid tot plaatsbepaling zou opleveren in een gedurende een normale dregtorn van 6 weken te bewerken gebied, even kostbaar zou zijn als het aanschaffen van een Decca-chain welke de plaatsbepaling zou leveren voor een werkperiode van enige jaren. De plaatsbepaling zou in dit laatste geval veel nauwkeuriger en onafhankelijk van het weer zijn en bovendien ook buiten de af te dreggen strook mogelijk zijn. Samenvattende kan dus gezegd worden, dat dreggen buiten zicht van land eigenlijk alleen mogelijk is als gebruik gemaakt kan worden van radioplaatsbepaling. Soortgelijke overwegingen gelden voor mijnenveegoperaties buiten zicht van land; ook daar is radioplaatsbepaling de aangewezen methode.

De economie van lodingwerk eist, dat de slagen zo goed mogelijk op de geprojecteerde onderlinge afstand gelegd worden. In verband met wind en stroom is dit in de praktijk buitengewoon moeilijk en eist plaatsbepaling met zeer korte tijdsintervallen, tenzij men gebruik kan maken van merklijnen of -bogen, hetgeen betrekkelijk zelden het geval is. Bij gebruik van een radio-plaatsbepalingssysteem kunnen de lodingslagen veelal zodanig geprojecteerd worden dat zij samenvallen met een hyperbool (b.v. Decca) of een cirkel (b.v. Shoran); het vereist van de roer-ganger weinig oefening om een dergelijke lijn te blijven volgen (tracking). Het volgen van een vooraf bepaalde koers welke niet samenvalt met een hyperbool, vereist Decca-plaatsbepaling met kortere tijdsintervallen dan bij tracking het geval is.

Afgezien van bijzonder gunstige situaties, dient geen enkel dezer moderne systemen gebruikt te worden onder omstandigheden waarin uiterste nauwkeurigheid

verlangd wordt, zoals b.v. bij het beloden van drempels in riviermondingen of zeer nauwe passages; gehele of gedeeltelijke plaatsbepaling d.m.v. snelliusmeting op getrianguleerde punten is in die gevallen noodzakelijk.

Bij alle systemen geschiedt de plaatsbepaling t.o.v. 2 of meer radiozenders, welker coördinaten dan ook bekend moeten zijn. In vele gevallen kan echter volstaan worden met kennis van de onderlinge ligging der zenders, zonder dat daarbij hun absolute geografische coördinaten nauwkeurig bekend behoeven te zijn; dit geldt eveneens voor alle systemen en een nadere uiteenzetting daarvan zal in par. 12.11.2 gegeven worden voor Decca.

Aangezien de plaatsbepaling een zeer belangrijk onderdeel vormt van een hydrografische kaartering, is het niet te verwonderen, dat het totale karakter van de werkzaamheden gewijzigd wordt door gebruikmaking van de moderne systemen van plaatsbepaling. Dit heeft o.m. ook invloed op de personeelsbezetting van een opnemingsvaartuig. Enerzijds is de terrestrische triangulatie van beperktere omvang, zodat daaraan minder tijd behoef te worden besteed; anderzijds vereist de berekening van de hyperbolische of cirkelvormige patronen speciale kennis en de nodige oefening van de daarmede belaste officieren. De commandant en bij voorkeur nog één der oudere officieren zal behoorlijk op de hoogte moeten zijn van de principes, waarop het door hem gebruikte systeem berust. Personeel dat in verband met de vereenvoudiging van de eigenlijke waarnemingen t.b.v. de plaatsbepaling kan worden gemist, dient vervangen te worden door het radiotechnische personeel dat nodig is voor de bediening van de zenders (zie ook par. 12.5.2). Dit behoeft niet te leiden tot uitbreiding van de totale personeelsbezetting, doch slechts tot wijziging van de categorieën personeel welke men nodig heeft, hetgeen ook in alle andere bedrijven een verschijnsel is dat voortspruit uit de ontwikkeling van de techniek. In bepaalde gevallen zou men zelfs met minder personeel van bepaalde categorieën kunnen volstaan. Zo werd b.v. vroeger het z.g. buitenwerk (lodingen) verricht door het schip met 1 of 2 sloepen, waarbij de snelheid van een dergelijke flottielje bij gebruik van echolood en bij goed weer zeker niet meer was dan 6 mijl per uur; in vele gevallen zal men thans dergelijk werk uitsluitend met het 15 mijl lopende schip kunnen doen en daardoor de sloepsbemanningen uitsparen of voor andere werkzaamheden gebruiken; bovendien is men op het zoveel grotere schip veel minder afhankelijk van weersomstandigheden. Ook zal in bepaalde gevallen kunnen worden gezien, of het economisch is om meerdere opnemingsvaartuigen van een zelfde chain te doen gebruikmaken; bij Decca brengt dit slechts een te verwaarlozen uitbreiding van de benodigde installatie mede en kan met een gelijkblijvend aantal radiotechnisch personeel worden volstaan.

Voor elk terrein gelden andere omstandigheden en overwegingen, doch in het algemeen gesproken moeten de voordelen van de moderne systemen niet gezien worden in mogelijke vermindering van het totale personeel, doch in de eerste plaats in de mogelijkheid tot nauwkeurige plaatsbepaling onder omstandigheden waarin dat vroeger niet mogelijk was of althans niet met een nauwkeurigheid welke thans ten behoeve van moderne zeekaarten vereist wordt; met betrekking tot die vereiste nauwkeurigheid wordt verwezen naar no. 23 van de literatuurlijst aan het slot van dit hoofdstuk. In de tweede plaats (eveneens zeer belangrijk) kan in een zelfde tijdsperiode meer en betrouwbaarder werk afgeleverd worden.

Vanwege de arbeid, verbonden aan het verplaatsen van de zenders en het berekenen van de kaartpatronen lenen deze systemen zich het beste voor kaartering

van een uitgestrekt gebied. In de reeds genoemde — doch tot nu toe niet uitgevoerde — plannen voor toepassing van een Decca survey chain in Straat Karimata, werd geraamd dat de kosten van aanschaffing in enkele jaren gecompenseerd zouden worden door de meer economische werkwijze tengevolge van het feit, dat plaatsbepaling — en daardoor een groot deel van de hydrografische werkzaamheden — onafhankelijk zou zijn van weersomstandigheden.

### 12.11.2 Bekende hydrografische toepassingen

#### *Survey-Decca*

Door de Deense Hydrografische Dienst werd in 1947 in Groenland een Decca survey chain opgericht ten dienste van de beloding van het zeegebied tussen dat eiland en de Canadese Oostkust. De coördinaten van de zenders werden bepaald t.o.v. de in Groenland bestaande terrestrische primaire triangulatie. Alleen onder de wal van Groenland bestond gelegenheid tot het meten van snelli ter controle van de juistheid van de Decca-metingen. De middelbare fout in de enkele waarneming (waarin het gezamenlijk effect van alle toevallige fouten tot uitdrukking komt) was iets kleiner dan 0,02 lane; systematische fouten konden geëlimineerd worden. De voortplantingssnelheid werd voor de beide patronen Rood en Groen (2-slave-chain) met behulp van formule 12.5.3.1a bepaald en deze voortplantingssnelheden — verschillend voor R en G — werden gebruikt voor de berekening van de hyperbolische patronen.

Aan boord werden 4 ontvangers gebruikt; hun onderlinge tegenspraak bleef in de jaren 1947—1950 beperkt tot 0,025 lane. In de jaren 1947 en 1948 werd ontvangen op 4 afzonderlijke verticale antennes ter lengte van 10 meter; op een afstand van 300 zm (550 km) was de gemeten veldsterkte  $26 \mu V$ , waarbij echter in aanmerking genomen moet worden, dat de Groenlandse zenders ongunstig geplaatst zijn, waardoor ter plaatse van de zenders veel energie verloren gaat. Later werden stengen op de masten gezet, waardoor verticale antennes van 20 meter lengte gebruikt konden worden; tengevolge van defecten aan de daarvoor benodigde meet-instrumenten kon de veldsterkte op grote afstand niet gemeten worden, doch ongetwijfeld moet zij van de orde van  $40 \mu V$  geweest zijn op 300 zm afstand. De plaats van de antenne bleek zeer belangrijk te zijn. Op een op 4 meter van de scheepsmast lopende verticale antenne van 10 meter werd op een bepaald punt in het patroon een veldsterkte gemeten van  $200 \mu V$ ; op een 15 meter van de mast — aan een tussen de scheepsmasten gespannen lijn — opgehangen antenne van dezelfde lengte, werd op dezelfde plaats  $3000 \mu V$  gemeten. Buiswater op de antennes heeft een ongunstige invloed tengevolge van lekkages over de dan niet meer ideaal werkende isolatoren; het effect op de aflezingen is alleen merkbaar als de veldsterkte daardoor te veel zou dalen (zie par. 12.5.4.1), hetgeen op Groenland niet is voorgekomen.

De tegenspraken tussen de aflezingen van de 2 op de monitor opgestelde ontvangers waren 0,015 lane.

Het is gebleken, dat diverse aan boord opgestelde elektrische installaties velden opwekten, welke onvoldoende afgeschermd waren en kleine (0,01 tot 0,03 lane) afwijkingen veroorzaakten; later is men geslaagd in nagenoeg volledige afscherming.

Hoewel zij niet uit metingen geconstateerd kon worden, werd de m.f. in de enkele aflezing R of G op de maximale afstand van 330 zm geschat op 0,04 lane; voor de 20 meter lange antennes zal dit van de orde van 0,03 lane geweest zijn.

In de Decca-installatie werd sinds 1947 geen enkele belangrijke wijziging gebracht, aangezien geen gebreken gebleken zijn.

Aangezien het hydrografisch werk tot nu toe alleen bestond uit lodingwerk buiten zicht van land, kon met grotendeels ongeoeftend personeel worden volstaan; alleen de commandant en de chef van de Decca-dienst hadden vroegere ervaring in de toepassing van het systeem en het overige personeel had geen noemenswaardige ervaring op hydrografisch gebied.

Voor meer gedetailleerde gegevens wordt verwezen naar no. 37 van de literatuurlijst aan het slot van dit hoofdstuk.

De ervaringen met de in 1948 door de Zweedse Hydrografische Dienst in gebruik genomen Decca survey chain zijn eveneens gunstig en komen in grote trekken overeen met die in Groenland. De oorspronkelijke opstelling van één der zenders was ongunstig (basislijn over bergland); de ervaringen met een verbeterde opstelling zijn nog niet gepubliceerd.

Voor meer gedetailleerde gegevens wordt verwezen naar de nos. 35, 36 en 40 van de bij dit hoofdstuk behorende literatuurlijst.

Van de survey-chain in de Perzische Golf — ten dienste van olie-exploratie in het zeegebied — zijn geen gegevens gepubliceerd. Bekend is slechts, dat zij goed heeft voldaan.

Van de Franse Decca survey chain (nieuwste type zendantenne; zie par. 12.5.2.1), welke momenteel in Marocco is opgesteld, is bekend dat zij zeer goed voldoet; gedetailleerde gegevens zijn nog niet gepubliceerd.

Ten dienste van exploratie aan de Zuidpool werd in 1950/51 gebruik gemaakt van een survey-chain, waarbij het Master-station geplaatst was aan boord van het Engelse onderzoekingsvaartuig „Explorer II” (zie ook par. 12.5.5). Resultaten zijn tot nu toe niet gepubliceerd.

Verder is een vrij uitgebreide hydrografische ervaring opgedaan met bestaande Decca *Navigation* chains. De English chain wordt voor dat doel regelmatig gebruikt door Trinity House (de organisatie welke de Engelse loodsdienst verzorgt). Met behulp daarvan wordt de plaatsbepaling van de regelmatige heropname van de Thames verzorgd. Met behulp van de North British Chain geschiedt hetzelfde voor andere vaarwaters, o.a. die naar Liverpool. Dergelijk opnamewerk geschiedt op grote schaal en de nauwkeurigheid blijkt aan de daarvoor te stellen eisen te voldoen.

De English Chain wordt ook door de Britse Hydrografische Dienst gebruikt voor buitenwerk in de Thames-monding. De bereikte nauwkeurigheid kon tot nu toe niet binnen nauwe grenzen beoordeeld worden, aangezien de terrestrische controlepunten niet alle in één en hetzelfde systeem bekend waren.

De Nederlandse Hydrografische Dienst kon tot nu toe alleen gebruik maken van de English Chain, doch alleen ten Zuiden van Hoek van Holland, aangezien meer Noordelijk de snijdingshoek der hyperbolen te gering is. Ook voor het Zuidelijk gedeelte is de snijdingshoek klein en werd het systeem alleen — en met groot succes — toegepast voor tracking van de lodingslagen. In een terrein nabij Domburg werden bovendien een 760-tal Decca waarnemingen R, G en P verricht met gelijktijdige meting van snelli. Vanwege de kleine snijdingshoek (ongeveer 30°) werd niet de m.f. in de standplaats afgeleid, doch slechts de m.f. in de bepaling van de hyper-

bolen; voor de enkele waarneming werd gevonden 0,025 voor R, 0,028 voor G en 0,037 voor P; aangenomen mag worden dat deze middelbare fouten aanmerkelijk kleiner geweest zouden zijn bij gebruik van een monitor.

De English Chain wordt in Engeland regelmatig gebruikt voor de navigatie t.b.v. luchtfotografie voor het Kadaster. Een enigszins geoefend vlieger bleek in staat te zijn een vooraf geprojecteerde vliegstrook binnen de grenzen van + of - 40 meter te volgen.

Bij de meeste van deze toepassingen werd gebruik gemaakt van een in of nabij het werkterrein opgestelde monitor. Dit is nodig, omdat de zenders van een Navigation Chain niet met de uiterste nauwkeurigheid gesynchroniseerd worden, aangezien voor het met de chain beoogde doel geen zeer hoge eisen aan de nauwkeurigheid gesteld worden; ter plaatse van de monitor wordt dan een „zwaaien” van het patroon geconstateerd (meestal 0,01 tot 0,03 lane over een periode van enkele uren) en de aan boord verrichte aflezingen worden daarvoor gecorrigeerd.

[De Nederlandse Hydrografie hoopt binnenkort gebruik te maken van de Duitse navigatie chain voor plaatsbepaling van lodingen buiten zicht van land in het gebied tussen Hoek van Holland en den Helder.]

De zenders van de Duitse navigatie chain zijn zodanig geplaatst, dat in het zeegebied tussen Hoek van Holland en den Helder de snijdingshoek der rode en groene hyperbolen veel gunstiger is dan die van de English Chain. Verwacht wordt een m.f. in de plaatsbepaling van ongeveer 60—100 meter (overdag), afhankelijk van de plaats van waarneming. Hierbij wordt opgemerkt, dat de maximale afstand tot de verste zender 600 kilometer bedraagt; met een speciaal voor dit doel op te richten survey chain zou belangrijk hogere nauwkeurigheid bereikbaar zijn, waarvoor o.m. verwezen wordt naar fig. 12.20.

De in par. 12.5.8 genoemde toepassing van Decca t.b.v. kaartering in zwaar bebost terrein is tot nu toe beperkt gebleven tot de in die paragraaf genoemde proefnemingen. Deze methode zal waarschijnlijk met succes toegepast kunnen worden voor de hydrografische opname van rivieren.

Afstandmeting m.b.v. Decca geschiedt op de in par. 12.5.5 beschreven wijze. Bij de tot nu toe in gebruik zijnde survey chains werd deze methode niet toegepast, aangezien de coördinaten van de zenders bekend waren uit terrestrische triangulatie en de aldus bekende basislengten gebruikt werden om daaruit de voortplantingsnelheid af te leiden. Uitgebreide proeven met de Deense *navigatie* chain stellen echter in staat een indruk te verkrijgen inzake de met Decca-afstandmeting bereikbare nauwkeurigheid. Het bleek daarbij, dat uit een 30-tal waarnemingen op ieder basisverlengde (verdeeld over 2 dagen per basisverlengde), het aantal lanes per basislijn door het opnemingsvaartuig „Heimdal” geteld kon worden met de volgende middelbare fouten.

Rood  $369,599 \pm 0,005$  lanes.

Groen  $268,772 \pm 0,004$  lanes.

Paars  $486,631 \pm 0,009$  lanes.

Deze kleine middelbare fouten zijn een aanwijzing, dat de voortplantingsnelheid binnen nauwe grenzen constant moet zijn geweest. Indien dus in dit geval de voortplantingssnelheid (in Denemarken 299400 km/sec. en gelijk voor R, G en P)



gebruikt was om daaruit de lengte van de basislijnen te berekenen, dan zouden deze zijn gevonden met de volgende relatieve nauwkeurigheid (middelbare fout):

$$\text{Rood} \quad \frac{5}{369599} = \frac{1}{73920} \quad (\text{basislengte} \approx 162 \text{ km}).$$

$$\text{Groen} \quad \frac{4}{268772} = \frac{1}{67193} \quad (\text{basislengte} \approx 157 \text{ km}).$$

$$\text{Purple} \quad \frac{9}{486631} = \frac{1}{54070} \quad (\text{basislengte} \approx 171 \text{ km}).$$

Neemt men hierbij in aanmerking, dat de waarnemingen met navigatie-ontvangers zijn gedaan op een navigatie-chain en dat de basislijnen nagenoeg geheel over land lopen, dan lijkt het niet onredelijk om te verwachten, dat afstandmeting met een survey-chain van over zee lopende basislijnen van 150 à 250 km mogelijk zal zijn met een relatieve fout van de orde van 1/100.000. Het is daarbij gewenst gebruik te maken van een door ijking op een bekende basis van bekende lengte bepaalde waarde van  $V$ . Is men daartoe tevoren niet in de gelegenheid geweest, dan dient voor  $V$  de meest waarschijnlijke waarde aangenomen te worden (over zee: 299680 km/sec.) en zullen de daarmee berekende afstanden procentsgewijs evenveel fout zijn als de fout in de voor  $V$  aangenomen waarde. Dit heeft geen invloed op de vorm van het te berekenen hyperbolische patroon en betekent uitsluitend een schaal-fout van de samen te stellen kaart tot een gelijk percentage. Voor vele praktische toepassingen kan een dergelijke kleine schaalfout geaccepteerd worden, omdat de totale opname veelal toch moet worden ingepast tussen een begin- en eindpunt met geografische coördinaten welke reeds vaststaan en om de één of andere reden niet meer gewijzigd kunnen worden.

Bepaling van de hoek tussen twee basislijnen op de in par. 12.5.5 aangeduide wijze, is — voor zover bekend — nog niet in de praktijk toegepast. Het lijkt, dat deze hoek bij een 30-tal waarnemingen in ieder van de slaves bepaald zal kunnen worden met een middelbare fout van de orde van grootte van 5 à 10''.

Uit het bovenstaande blijkt, dat het Decca systeem (en ook andere systemen) kunnen worden gebruikt in gevallen waarin alleen de benaderde geografische coördinaten van één der zenders bekend zijn. Voor één der basislijnen neemt men dan een benaderd azimuth aan en berekent de geografische coördinaten van de andere zenders met behulp van de met het systeem in de Master bepaalde hoek (3 hoeken bij een 3-slave chain) en de eveneens met het systeem gemeten lengten van de basislijnen. Tengevolge daarvan worden slechts kleine inwendige vervormingen in de hyperbolische patronen geïntroduceerd. De uiteindelijke inpassing tussen begin- en eindpunt van bekende geografische coördinaten betekent dan een schaalverandering en een draaiing van de oorspronkelijk gebruikte Decca-netten, doch geen verdere vervorming — althans niet tot een groter bedrag dan het effect van andere onvermijdelijke foutenbronnen — van de voor de plaatsbepaling gebruikte hyperbolische netten.

### *Radar*

De toepassing van primaire radar voor kaarteringsdoeleinden is tot nu toe beperkt gebleven tot proefnemingen. Gebruik werd gemaakt van een goed type scheepsradar en op triangulatiepunten gemonteerde corner-reflectors. In de richtingen kan nimmer een hoge nauwkeurigheid bereikt worden en een voor kaarterings-

doeleinden voldoende nauwkeurigheid in de afstandmeting kan slechts bereikt worden met speciale en tamelijk omvangrijke installaties. Aangezien slechts kleine afstanden overbrugd kunnen worden, lijkt deze methode — vergeleken met andere methoden — slechts weinig perspectieven te kunnen bieden, mede in verband met de voortplanting van de fouten in een op deze wijze bepaald driehoeksnet, waarvan de zijdelengten noodgedwongen klein moeten zijn.

Het is denkbaar, dat de ontwikkeling van de radartechniek nieuwe mogelijkheden zal openen ten aanzien van de met betrekkelijk eenvoudige toestellen bereikbare nauwkeurigheid (zie ook par. 12.6); afgezien van toepassingen op beperkt gebied, zal de korte afstand echter een bezwaar blijven vormen.

### *Shoran*

Voor zover bekend, wordt Shoran voor *hydrografisch* werk alleen toegepast door de U.S. Coast & Geodetic Survey, en wel op uitgebreide schaal in Alaska en in de Aleoeten. Er was hier gelegenheid om de grondstations vrij hoog te plaatsen, zodat afstanden tussen 32 en 165 st.mi. (51 en 264 km) overbrugd konden worden.

Verschillende afstanden tussen grondstations met uit terrestrische triangulatie bekende coördinaten werden gemeten door herhaalde bepaling van de minima volgens het in par. 12.7.5 beschreven principe. De resultaten zijn in onderstaande tabel samengevat.

| Basis               | Triangulatie<br>st.mi. | Shoran<br>st.mi. | Vershil<br>st.mi. | Relatief<br>(afgerond) |
|---------------------|------------------------|------------------|-------------------|------------------------|
| Alex-Star . . . . . | 32,196                 | 32,205           | 0,009             | 1/3600                 |
| Agat-Star . . . . . | 10,255                 | 10,237           | 0,018             | 1/600                  |
| Alex-Bull . . . . . | 94,682                 | 94,779           | 0,097             | 1/1000                 |
| Agat-Bull . . . . . | 90,978                 | 91,040           | 0,062             | 1/1500                 |
| Agat-Silo . . . . . | 164,704                | 164,810          | 0,106             | 1/1600                 |
| Ran-Shor . . . . .  | 41,382                 | 41,414           | 0,032             | 1/1300                 |
| Silo-Vega . . . . . | 16,218                 | 16,246           | 0,028             | 1/600                  |

Uit een geodetisch oogpunt bezien is deze nauwkeurigheid zeer matig en zeer veel geringer dan in par. 12.7.5 voor vliegtuigtoepassingen is genoemd, doch voor het ter plaatse beoogde doel was zij acceptabel. Het is inmiddels mogelijk gebleken zodanige verbeteringen in de installatie aan te brengen en de voor de berekening van de voortplantingssnelheid benodigde meteorologische factoren binnen zodanige grenzen te bepalen, dat op afstanden van de orde van 100 st.mi. (160 km) een nauwkeurigheid verwacht wordt van 1/25.000 à 1/50.000. Hoewel daaromtrent nog geen gegevens gepubliceerd zijn, lijkt het wel waarschijnlijk, dat die nauwkeurigheid in het gemiddelde van een aantal afstandmetingen op basislijnen van rond 160 km bij hydrografische toepassingen bereikt kan worden.

De bereikbare nauwkeurigheid in de plaatsbepaling van de lodingen — welke uiteraard bij een varend schip alleen kan berusten op 1 waarneming van 2 of meer afstanden — is mede afhankelijk van de snijdingshoek van de plaatsbepalende cirkels. Voor plaatsbepaling buiten zicht van land en voor kaartering op niet te grote schaal is een voor het beoogde doel voldoende nauwkeurigheid bereikbaar.

Voor nadere details wordt verwezen naar de nos. 15, 42 en 43 in de literatuurlijst aan het slot van dit hoofdstuk.

*E.P.I.*

De plaatsbepaling in een diepzeegebied van  $100 \times 140$  zeemijl in de golf van Mexico werd door de U.S. Coast & Geodetic Survey verricht m.b.v. E.P.I. Uit enkele contrôlemetingen m.b.v. snelliusmeting en uit overeenstemming van de diepten op de snijpunten van elkaar kruisende lodingsslagen, kon geconcludeerd worden dat de nauwkeurigheid voldoende was voor het beoogde doel. Publicaties no. 15 en 43 aan het slot van dit hoofdstuk en par. 12.8.5 bevatten enkele nadere gegevens.

*Lorac*

De enige bekende operationele hydrografische toepassing van Lorac is de in par. 12.9.2 genoemde. De weinige gegevens, welke ten aanzien van de bereikte nauwkeurigheid bekend zijn, werden daar ter plaatse vermeld.

*Raydist*

Voor de weinige gedetailleerde gegevens welke bekend zijn, wordt verwezen naar par. 12.10.3 en naar de literatuurlijst.

**12.12 Keuze van een systeem ten dienste van hydrografische kaartering**

De snelle ontwikkeling van de techniek wordt wel zeer duidelijk gedemonstreerd door het feit, dat omstreeks 1943 nog geen enkel radiosysteem beschikbaar was ten dienste van kaartering, terwijl men in 1946 reeds voor de moeilijkheid stond een keuze te moeten doen uit meerdere voor dat doel geschikte systemen.

Het doen van die keuze is dikwijls niet eenvoudig en wordt beheerst door talrijke — soms tegenstrijdige — factoren; zij werden in de voorgaande paragrafen genoemd en dienen voor een bepaalde beoogde toepassing tegen elkaar te worden afgewogen; men dient er daarbij rekening mede te houden, dat voor kaarteringswerk alleen toepassingen overdag in aanmerking komen.

Alle in aanmerking komende systemen zijn zeer kostbaar in de aanschaffing en eisen speciaal personeel voor bediening en onderhoud van de zenders. Met het oog daarop zou men bij het ontwerpen dienen te streven naar een systeem dat zo universeel mogelijk is in haar toepassingsmogelijkheden, aangezien de kosten dan gemeenschappelijk gedragen kunnen worden door verschillende kaarteringsdiensten welke van het systeem gebruik maken. Het lijkt niet wel denkbaar, dat een dergelijk ideaal systeem ooit ontwikkeld zal kunnen worden.

Zo is b.v. *Shoran* bij uitstek geschikt voor het m.b.v. een vliegtuig zeer nauwkeurig meten van meerdere honderden kilometers lange afstanden en voor het op die wijze tot stand brengen van een net van zeer grote drie- of veelhoeken, welke moeten dienen als het geraamte van een kaartering van een zeer groot gebied; de zijdelengten kunnen zowel te land als op zee (eilanden) geprojecteerd worden. Grote nauwkeurigheid is bij het gebruikte impulsstelsel echter slechts bereikbaar op korte golf lengten (circa 1 meter bij *Shoran*) en deze beperken het werkingsgebied tot iets meer dan zichtwijdte. Bovendien worden dergelijke korte golven gemakkelijk door aardse voorwerpen gereflecteerd, hetgeen het gebruik te land (voor „opvulling” van het m.b.v. het vliegtuig gemeten wijde net) — ook binnen het betrekkelijk kleine werkingsgebied — uitsluit; dit laatste is geen bezwaar voor hydrografische toepassingen, aangezien in open zee geen reflecterende voorwerpen aanwezig zijn, hoewel de romp van het schip in dit opzicht zekere beperkingen stelt aan de bereik-

bare nauwkeurigheid. Bij gebruik van Shoran dient iedere waarnemer in het bezit te zijn van een zender-ontvanger, waarvan de kosten ongeveer 40% uitmaken van die van de totale installatie; indien meerdere waarnemers dus gebruik maken van dezelfde grondstations, dan zullen de totale kosten snel stijgen.

Decca daarentegen is minder geschikt voor het nauwkeurig meten van lange afstanden te land, doch zeer geschikt indien die afstanden — van 150 à 250 km en mogelijk 350 km — over zee geprojecteerd zijn. Vanwege de lange golflengte is het werkingsgebied niet afhankelijk van de hoogte van de waarnemer en van de zenders, zodat het voor toepassingen te land, ter zee en in de lucht groot is; reflecties van aardse voorwerpen spelen geen rol van praktische betekenis. Een groot voordeel is dat het systeem zonder verplaatsing der zenders gebruikt kan worden voor de detailplaatsbepaling, d.w.z. voor het „opvullen” van het met Decca gemeten hoofd-driehoeksnet. De waarnemer behoeft alleen maar in het bezit te zijn van een ontvangsttoestel, waarvan de kosten slechts ongeveer 2% bedragen van die van een complete survey-chain, zodat de totale kosten niet noemenswaardig stijgen als meerdere waarnemers van dezelfde chain gebruik maken. De voortplantingseigenschappen van radiogolven van de bij Decca gebruikte lengte zijn in vrij sterke mate afhankelijk van het terrein, hetgeen echter in mindere mate geldt voor op een hoogte van enkele kilometers opererende vliegtuigen. Die eigenschappen zijn echter in hoge mate onafhankelijk van meteorologische factoren, van luchtstoringen en andere elektrische verschijnselen in of buiten de dampkring (sky-wave wordt hier vanwege de uitsluitende toepassing overdag buiten beschouwing gelaten). Vanwege de stabiele voortplantingseigenschappen over zee is Decca bij uitstek geschikt voor hydrografisch werk, doch ook bepaalde toepassingen te land (zie par. 12.5.8) en t.b.v. luchtkartering zijn zeer wel mogelijk.

Hiermede zijn slechts enkele van de voornaamste eigenschappen en mogelijkheden genoemd van de beide systemen Shoran en Decca. De andere in dit hoofdstuk behandelde systemen hebben bepaalde gunstige eigenschappen welke hen wellicht meer geschikt maken voor de één of andere speciale toepassing. Zo wordt b.v. Raydist (en modificaties daarvan) onder meer gebruikt voor het bepalen van baan en snelheid van raketten. In het algemeen gesproken zijn Shoran en Decca echter de meest op de voorgrond tredende systemen.

In het kader van dit boek dienen in de eerste plaats de hydrografische toepassingsmogelijkheden beschouwd te worden en voor dat doel lijkt survey-Decca het meest geschikte systeem. Daarbij is van groot economisch belang, dat Decca geschikt is voor het nauwkeurig meten van lange afstanden op zee en tegelijkertijd kan dienen voor detailplaatsbepaling zowel ter zee als te land en in de lucht. Voor radioplaatsbepaling in zwaar begroeid terrein is Decca zelfs het enige bekende systeem dat bruikbaar is en waarmede een nauwkeurigheid bereikt kan worden, welke voor vele doeleinden (b.v. exploratie) ruimschoots voldoende is. Voor hydrografische plaatsbepaling levert Decca ruim voldoende nauwkeurigheid, welke alleen in theorie door b.v. Lorac en Raydist overtroffen wordt. Het zijn n.l. de voortplantingseigenschappen van de radiogolven, welke aan de uiteindelijk bereikbare nauwkeurigheid een grens stellen en niet de breedte van een lane, zodat verkleining van de golflengte — met als gevolg smallere lanes met gelijkblijvende meetnauwkeurigheid binnen een lane — in de praktijk lang niet altijd leidt tot werkelijke opvoering van de nauwkeurigheid. De door Decca gebruikte frequenties van rond 100 kc/s hebben gunstige voortplantingseigenschappen en zijn bovendien gelegen

in een minder druk bezet gedeelte van het frequentiespectrum dan de hogere frequenties, waarmede in theorie een hogere nauwkeurigheid zou kunnen worden bereikt; de Decca-frequenties hebben ook voordelen in verband met een kleinere kans op storingen door andere radiostations. Tenslotte wordt er de aandacht op gevestigd, dat een systeem met zeer smalle lanes bezwaarlijk gebruikt kan worden zonder een hulpmiddel voor lane-identification.

Opgemerkt wordt, dat men in theorie de Decca-lanes zou kunnen versmallen (met behoud van de thans gebruikte zendfrequenties) door in de ontvanger hogere vermenigvuldigingsfactoren toe te passen. De meetnauwkeurigheid zou weliswaar  $0,01 \text{ lane} = 3^{\circ},6$  faseverschil blijven bedragen en dus overeenkomen met een kleiner aantal meters op aarde, doch de fouten zouden in de ontvanger eveneens met die grotere factor vermenigvuldigd worden, waardoor de winst aan nauwkeurigheid weer te niet zou worden gedaan.

Ten aanzien van de door de E.P.I., Raydist en Lorac gebruikte frequenties dient gewezen te worden op het mogelijke gevaar, dat zij liggen in de band van het navigatiesysteem Loran, dat op een piekvermogen van 100 kW of meer werkt en de in par. 12.4 genoemde zeer brede band heeft; storingen van op meerdere honderden mijlen afstand gelegen Loran-zenders kunnen niet altijd voldoende „uitgefilterd” worden en zouden de nauwkeurige werking van die systemen geheel illusoir kunnen maken. Bij de in de vorige paragraaf genoemde operationele toepassingen werd echter geen hinder ondervonden van Loran-zenders, doch als die storingen optreden, is men niet in staat er afdoende maatregelen tegen te treffen. De ontvangstband van Decca is slechts 30 cycle, zodat er een betere mogelijkheid is om een survey chain te ontwerpen voor frequenties waarop men minder storingen zal hebben te duchten. Raydist en Lorac hebben bredere ontvangstbanden en lijken minder geschikt voor andere dan zeer locale hydrografische toepassingen, ten eerste vanwege de kans op reflecties en ten tweede vanwege de kans op storingen van de zeer talrijke omroep- en communicatiesystemen welke in de band van die systemen werken.

Het feit, dat de Amerikaanse Hydrografie gebruik maakt van Shoran en van E.P.I. is geen juist argument om te veronderstellen, dat in dat land gebleken is dat die systemen zich beter voor het beoogde doel zouden lenen dan Decca. In Amerika beschikte men na afloop van de 2e wereldoorlog n.l. uitsluitend over Shoran (voor precisiebombardementen) en over Loran (voor navigatie), doch niet over Decca. Er waren dus toestellen van een zeker type beschikbaar, alsmede personeel dat daarmede geoefend was en in verband daarmede gingen de gedachten in de richting van verdere ontwikkeling van die typen met het oog op kaarteringstoepassingen en was het gemakkelijker daarvoor fondsen te verkrijgen dan voor de aanschaffing van een geheel nieuw systeem. De hydrografische ontwikkeling ging eerst in de richting van Shoran en pas later werd — vanwege het kleine bereik van Shoran — de E.P.I. tot ontwikkeling gebracht. De Britse Hydrografie had zich in verband met achterstand van werk kort na de oorlog hoofdzakelijk te richten op herkaartering van de wateren rond de Britse eilanden en kon daarvoor 1e beschikken over reeds getrianguleerde punten langs de gehele kust en 2e over de English Navigation Chain. In tegenstelling met de Deense, Zweedse en Franse Hydrografische Diensten, had men daarom geen directe behoefte aan de aanschaffing van een kostbare Decca Survey Chain. In de daarop volgende jaren hebben vermoedelijk hoofdzakelijk financiële

redenen aanschaffing in de weg gestaan. Voor luchtkaartering in het moederland wordt in Engeland ten dele gebruik gemaakt van de bestaande Decca Navigation Chains en werden proeven genomen met het gedurende de oorlog ontwikkelde — en dus beschikbare — Oboe-systeem, zijnde in grote trekken het Britse equivalent van Shoran; de kosten van Oboe beletten echter toepassing op grote schaal. Colonial Surveys gebruikte voor luchtkaartering in Afrika het vrij nauwkeurige Britse navigatie-systeem GEE; voor het daar beoogde doel zou Decca even geschikt geweest zijn, doch aangezien de Gee-installatie reeds beschikbaar was en Decca speciaal aangeschaft zou dienen te worden, zal dit wel in hoofdzaak de keuze van het systeem bepaald hebben.

In Zuid-Afrika werden uitgebreide proeven genomen met een Decca Navigation Chain ten dienste van luchtvaartnavigatie; dezelfde chain werd met succes gebruikt ten dienste van proeven van luchtfotonavigatie.

De bovenstaande voorbeelden — welke met andere aangevuld zouden kunnen worden — zijn slechts aangehaald om er de aandacht op te vestigen, dat het feit dat voor bepaalde werkzaamheden in een bepaald land een zeker systeem gebruikt wordt, allerminst aanwijzing behoeft te zijn, dat dit systeem het meest geschikte of meest nauwkeurige is voor het beoogde doel. Behalve de genoemde oorzaken, spelen bij de keuze ook dikwijls nationaal prestige en economische overwegingen van de nationale radio-industrie een zeer grote rol.

Is men echter ten aanzien van al dergelijke overwegingen vrij in de keuze van het systeem, dan wordt Decca op grond van de genoemde overwegingen het meest geschikt geacht voor hydrografische toepassing. In ieder bepaald geval zullen echter de vele overwegingen welke in dit hoofdstuk werden genoemd en in deze paragraaf slechts globaal zijn gememoreerd, zorgvuldig tegen elkaar dienen te worden afgewogen. Ten aanzien van de aanschaffings-, bedrijfs- en onderhoudskosten wordt opgemerkt, dat zij voor alle genoemde systemen, indien zij worden ontworpen voor een gelijk groot werkingsgebied, van dezelfde orde van grootte zijn.

#### *Literatuur : (voor zover van belang voor hydrografische toepassingen)*

##### *Algemeen*

1. C. A. HART. Applications géodésiques de la radiotélégraphie; rapport général no. 3 de l'Association de Géodésie de l'Union Géodésique et Géophysique Internationale; IXe Assemblée générale Bruxelles 1951 (niet in de handel).
2. J. H. COLE. Computation of long arcs for radio purposes; Empire survey review Vol VIII, no. 59, Jan. 1946.
3. H. F. RAINSFORD. Long lines on the earth, various formulae; Empire survey review Vol. X no. 71, Jan. 1949 and no. 72 April 1949.
4. Mc. CAW. Long lines on the earth; the inverse problem; Empire survey review Vol I no. 6, Oct. 1932 and Vol. II no. 9, July 1933.
5. Mc. CAW. Long lines on the earth; the direct problem; Empire survey review Vol II no. 12, April 1934.
6. The direct and inverse solutions of long geodetic lines; Geodetic survey publication no 54, Geodetic survey of Canada 1948.
7. J. TH. VERSTELLE. Some geodetic problems involved in the computation of long distances measured by Shoran or similar electronic or radio equipment; Photogrammetria Vol I no. 1, 1949.
8. W. Q. CRICKLOW. The comparative accuracy of various existing and proposed radio navigation systems; report CRPL-4-1 of the National Bureau of Standards (Central radio-propagation laboratory); Washington D.C., December 1946 (niet in de handel).

9. The range reliability and accuracy of a low frequency Loran system; report no. ORS-P-23 of the operational research Staff, office of the chief signal officer; the Pentagon, Washington D.C., Jan. 1946 (niet in de handel).  
(Hierin: foutentheoretische behandeling van een hyperbolisch systeem).
10. Principles of radar; radar school of Massachusetts Institute of Technology; second edition 1946.
11. JOHN S. HALL. Radar aids to navigation; Massachusetts Institute of Technology; radiation laboratory series; 1st. ed. 1947.
12. International Meeting on Radio Aids to Marine Navigation (1st. IMMRAN, 1946,) Vol. II; His Majesty's Stationery Office, London 1946.
13. International Meeting on Radio Aids to Marine Navigation (2nd IMMRAN, 1947); documents of the 1947 conference (niet in de handel).
14. G. J. SONNENBERG. Moderne radio navigatiemiddelen; 's-Gravenhage 1950 (2e druk).
15. World Cartography, Vol. I, 1951; United Nations publication, sales no. 1951.1.9.
16. E. BERGSTRAND. A determination of the velocity of light; Arkiv for Fysik, Kong. Svenska Vetenskapsakademien Vol. 2, no. 15 (1950).
17. L. ESSEN & A. C. GORDON SMITH. The velocity of propagation of electro-magnetic waves derived from the resonant frequencies of a cylindrical cavity resonator; Proc. Royal Soc. A vol. 194, 1948 and vol 204, 1950.
18. L. ESSEN. Proposed new value for the velocity of light; Nature vol. 167, Febr. 1951.
19. C. I. ASLAKSON. New determination of the velocity of radio waves; Trans. Amer. Geoph. Union, vol. 32, 1951.
20. C. I. ASLAKSON. Some aspects of electronic surveying; Proc. Amer. Soc. Civil Eng., vol 77, separate no. 52, Jan. 1951.
21. C. A. HART. Modern mapping, including the employment of radio techniques; Bulletin géodésique no. 10, 1948.
22. S. BALLARIN. Geometric properties of position lines in hyperbolic navigation and their layout on the reference ellipsoid; International Hydrographic Review vol. XXVII no. 2, Monaco Nov. 1950.
23. J. TH. VERSTELLE. The need for coordination of geographical grids of the world, in relation to position fixing by radionavigation systems; Nieuwsbrief Hydrografie no. 12, 's-Gravenhage October 1950 (niet in de handel, doch opgenomen in Int. Hydr. Review 1952, Monaco).

*Decca*

24. The Decca Navigator System; issue 1-1951; (niet in de handel, doch op aanvraag verkrijgbaar bij Decca Navigator Co. London of haar agenten).
25. J. TH. VERSTELLE. Elementary principles of Decca; 6th International Congress on Photogrammetry 1948 (niet in de handel).
26. Als 25; Arch. Int. de Photogrammetrie, Tome X, 1, Amsterdam 1950.
27. The Decca Navigator as an aid to survey; issue 2-1950 (niet in de handel, doch op aanvraag verkrijgbaar, als no. 24).
28. The Decca Navigator System; notes on accuracy; 1947 (niet in de handel, doch op aanvraag verkrijgbaar als no. 24).
29. J. TH. VERSTELLE. Practical survey applications of Decca and accuracy data from operational trials; 6th International Congress on Photogrammetry 1948 (niet in de handel).
30. Als 29; Arch. Int. de Photogrammetrie, Tome X, 1, Amsterdam 1950.
31. D. H. SADLER. The computation of Decca Lattices; H. M. Nautical Almanac Office, London 1947 (niet in de handel).
32. An elementary account of hyperbolic lattice computations; Hydrographic Department professional paper no. 9, London 1950 (niet in de handel).
33. J. TH. VERSTELLE. Decca as an aid to land-surveying; August 1949 — report and supplement September 1949 (niet in de handel).

34. Als 33; Int. Hydr. Review Vol. XXVI no. 2, 1949.
35. HUGO LARSSON. Investigation of the accuracy obtained with the Decca system for survey in the southern Baltic; Swedish Hydr. Office, Stockholm 1949 (niet in de handel).
36. FOLKE MELCHER. Sjökarteverkets transportabler Decca-Kadja, den konstruktion och användning; Svensk Landmätertidskrift, häfte 5, 1950.
37. J. TH. VERSTELLE. Rapport Decca survey chain Groenland; Bureau Hydrografie, 's-Gravenhage, September 1950 (niet in de handel).
38. Decca Memo Plans; diverse nummers (niet in de handel).
39. Diverse rapporten Deense Hydrografische Dienst (niet in de handel).
40. H. LARSSON. Investigation of radiopropagation speed at frequencies used by Decca; report to URSI Conference, Zürich 1950 (niet in de handel).
41. Prof. P. HUGON. Mobile Decca Chain Tests in Zone from Penmarch to Belle-Ile; Int. Hydr. Review, Vol. XXVIII, no. 2; November 1951.

#### *Shoran*

42. C. A. BURMISTER. Shoran for Hydrographic Surveys; U.S. Coast & Geodetic Survey, Washington D.C. 1945.
43. C. A. BURMISTER. Electronics in Hydrographic Surveying; reprint from the Journal of the U.S.C. & G.S., no. 1, Washington D.C., Jan. 1948; idem no. 4, Dec. 1951.
44. J. E. R. ROSS. Geodetic problems in Shoran; Geodetic Survey of Canada special publication no. 76; Ottawa 1949.
45. Shoran; diverse artikelen in Canadian Surveyor; vol. X no. 3 Jan. 1950, no. 4 April 1950, no. 5 Juli 1950 en no. 6 October 1950.
46. Diverse brochures over Shoran (niet in de handel, doch op aanvraag verkrijgbaar bij Radio Corporation of America; Aviation Section, Camden N. J.).
47. C. I. ASLAKSON and DONALD A. RICE. Use of Shoran in geodetic control; Trans Amer. Geophys. Union, vol. 27, 1946.
48. C. I. ASLAKSON. Can the velocity of radio waves be measured by Shoran?; Trans Amer. Geophys. Union, vol. 30, 1949.
49. C. I. ASLAKSON and O. O. FICKEISEN. The effect of meteorological conditions on the measurement of long distances by electronics; Trans Amer. Geophys. Union, vol. 31, 1950.
50. C. I. ASLAKSON. New determination of the velocity of radio waves; Trans Amer. Geophys. Union, Vol. 32, no. 6, 1951.
51. G. BIENBAUM, S. J. KRYDER and HAROLD LYONS. Microwave measurements of the dielectric properties of gases; Journal of applied Physics, vol. 22, 1951.
52. C. W. KROLL. A rigorous method for computing geodetic distances from Shoran observations; Trans Amer. Geophys. Union, vol. 30, 1949.
53. Shoran experiments over the geodetic framework in Ontario & Quebec; Canadian Surveyor, vol. IX, no. 12, 1949.
54. J. L. RANNIE. Shoran, electronic tool for control surveys and mapping; Amer. Soc. of Civil Engineers, Aug. 1950.
55. J. E. R. ROSS. Final adjustment, Manitoba-Saskatchewan Shoran net; Canadian Surveyor, vol 10, no. 8, 1951.
56. J. E. R. ROSS. Shoran triangulation in Western Canada; report for U.G.G.I. 9th General Assembly, Brussels 1951 (niet in de handel).
57. Commonwealth Scientific & Industrial Organisation; Radiophysics laboratory. The following reports by J. WARNER:
  - a. The application of radar to geodetic surveying; R. P. R. no. 89, 1949 (niet in de handel).
 Also in Australian Journal of Science.



- b. Effect of signal strength upon equipment error in radar surveying; R.P.R. no. 91, 1949 (niet in de handel).
  - c. Operational aspects of the use of radar for geodetic surveying; R.P.R. no. 92, 1949.
  - d. Effect of meteorological factor upon velocity of radio waves; R.P.R. no. 93, 1949.
  - e. Equipment used in precision measurement of long lines by radar; R. P. R. no. 94, 1949.
58. J. WARNER. The application of radar to surveying; Empire Survey Review, vol. X no. 78, 1950.

*E.P.I.*

- 59. Zie no. 43.
- 60. Zie no. 15.

*Lorac*

- 61. Lorac; 1948 (niet in de handel, doch op aanvraag verkrijgbaar bij Seismograph Service Corporation, Tulsa, U.S.A.).
- 62. C. J. DEEGAN. Lorac, a new surveying method for over-water exploration; reprint from the Oil and Gas Journal, vol. 47, no. 7, 1948; verkrijgbaar als no. 61.
- 63. J. E. HAWKINS. Radio surveying and navigation system; the Mines Magazine, December 1948.
- 64. J. E. HAWKINS. Recent Lorac developments; reprint from proceedings of the National Electronics Conference (U.S.A.), 1950; verkrijgbaar als no. 61.
- 65. J. E. HAWKINS and R. S. FINN. U.S. Patent no. 2513317.

*Raydist*

- 66. C. E. HASTINGS. Raydist for air and marine navigation; Hastings Instrument Co. Inc., Hampton Virg., U.S.A., 1950.
- 67. Description and specifications Type E Raydist System; Hastings Instrument Co. Inc., Hampton Virg., U.S.A. (geen jaar).
- 68. H. H. WATERFIELD and C. H. HILLIARD. Raydist for shallow-water hydrography; the Military Engineer, Nov./Dec. 1951.
- 69. C. J. DEEGAN. Raydist, a method of surveying by use of radiowaves; the Oil and Gas Journal, July 7, 1949.

Opmerking: Enkele van bovengenoemde artikelen zijn eveneens verschenen in diverse afleveringen (1946-1951) van de tijdschriften: Hydrographic Review (International Hydrographic Bureau; Monaco), Bulletin Géodésique (Union Géodésique et Géophysique Internationale; Paris).

### XIII. TOEPASSING VAN LUCHTFOTO'S BIJ HYDROGRAFISCH WERK

#### 13.1 Het tot stand komen van de luchtfoto

##### 13.1.1 Inleiding

*Fotogrammetrie* is de wetenschap, welke zich bezig houdt met het meten op foto's. Indien die foto's aan bepaalde voorwaarden voldoen, dan is de fotogrammetrie in staat uit fotoparen de afmetingen van het gefotografeerde object in driedimensionale zin te reconstrueren.

De fotogrammetrie vindt uitgebreide toepassing op verschillend gebied; een zeer voorname toepassing is het in kaart brengen van het aardoppervlak of delen daarvan. Gebruikt men daarbij vanuit de lucht genomen foto's, dan spreekt men van *luchtfotogrammetrie* en *luchtkaartering*. Laatstgenoemd woord wordt veelvuldig verkeerd gebruikt ter aanduiding van een deel der werkzaamheden, n.l. de *luchtfotografie*. Maakt men gebruik van op aarde genomen foto's, dan spreekt men van *terrestrische fotogrammetrie*. De terrestrische toepassing is geenszins beperkt tot het vervaardigen van landkaarten; terrestrisch genomen foto's worden ook veelvuldig gebruikt voor het fotogrammetrisch kaarteren van het in- en uitwendige van gebouwen, van verkeerssituaties en -ongevallen, benevens voor velerlei andere toepassingen.

Na de uitvinding van de *fotografie* heeft de fotogrammetrie zich snel ontwikkeld. Hoewel daaraan vele min of meer geslaagde proefnemingen zijn voorafgegaan, wordt algemeen aangenomen, dat de Fransman DAGUERRE de eerste bruikbare foto vervaardigde in 1835. De wiskundige grondslagen van de fotogrammetrie — de leer der optische projectie — zijn echter terug te voeren tot ARISTOTELES (circa 350 v.C.).

Vanwege het ruime uitzicht, dat men vanuit de lucht heeft, zijn luchtfoto's bij uitstek geschikt voor kaartering. Men neemt aan, dat de eerste bruikbare luchtfoto in 1858 vervaardigd werd uit een luchtballon. Ook opgelaten vliegers vonden toepassing voor het boven het aardoppervlak in positie brengen van een camera. De grote vlucht van de luchtkaartering loopt uiteraard parallel met de ontwikkeling van het vliegtuig.

Voor de talrijke uitvindingen, welke het mogelijk maakten in de fotogrammetrie hoge nauwkeurigheid te bereiken, moet verwezen worden naar de vakliteratuur. Ook op de technische ontwikkeling van de fotografie kan in dit hoofdstuk slechts vluchtig worden ingegaan.

De fotogrammetrie is ontwikkeld tot een afzonderlijk vak, dat zeer gespecialiseerde en gecompliceerde toestellen vereist. Voor zover bekend, wordt de fotogrammetrie bij Hydrografische Diensten dan ook alleen beoefend door de U.S. Coast and Geodetic Survey. Sommige buitenlandse Hydrografische Bureaux hebben weliswaar een fotogrammetrische afdeling, doch men bepaalt zich daar tot dat werk, dat met eenvoudige instrumenten mogelijk is.

De luchtkaartering opent echter zekere mogelijkheden als hulpmiddel bij het samenstellen van hydrografische kaarten. Hoewel bij de Nederlandse Hydrografie de luchtkaartering als vak niet wordt toegepast, zijn er toch zekere toepassingen in die richting mogelijk; zij worden besproken in par. 13.3 en 13.4. Het is daarom

noodzakelijk dat de hydrografische opnemer van die mogelijkheden op de hoogte is en voor een duidelijk begrip daarvan is het noodzakelijk, dat hij bekend is met de grondbeginselen, waarop een en ander berust.

### 13.1.2 De foto

Een foto is een beeld, dat gevormd wordt door de inwerking van het licht op een met een lichtgevoelige laag (*emulsie*) bestreken glasplaat of film; het daarop ontstane *latente* beeld wordt daarna zodanig chemisch bewerkt (*ontwikkeld*), dat het beeld wordt zichtbaar gemaakt en permanent vastgelegd.

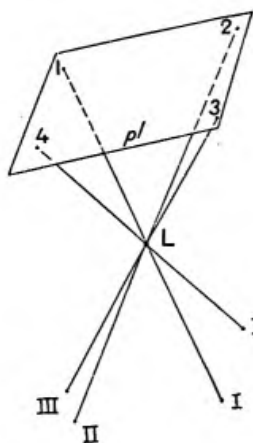


Fig. 13.1

Meetkundig gesproken, wordt de foto een *fotogram* genoemd; het is het beeld, gevormd op een plat vlak dat een perspectivische stralenbundel snijdt. In fig. 13.1 vormen de door het projectiecentrum L gaande rechte lijnen een perspectivische stralenbundel, welke door het platte vlak pl gesneden wordt.

Bij de praktische uitvoering is pl de *fotografische plaat* (of *film*), L het *fotografisch objectief* en de ruimte in de figuur tussen L en pl de camera.

De ruimte tussen plaat en objectief heet de *beeldruimte*, en die buiten de camera de *voorwerpsruimte*. De fotografische afbeelding van de punten I, II, III, IV wordt verkregen in de punten 1, 2, 3, 4.

Uit de figuur is duidelijk, dat — afgezien van refractie van de lichtstralen, welke in dit verband onbelangrijk is — de beide *stralenbundels* in voorwerps- en beeldruimte congruent zijn; daardoor is het mogelijk bepaalde mathematische betrekkingen op te stellen, welke gelden voor het uitdrukken van de coördinaten van een punt in de éne ruimte in de coördinaten van het corresponderende punt in de andere ruimte.

Aangezien het uiteindelijke doel bestaat uit het met grote nauwkeurigheid reconstrueren van de punten in de voorwerpsruimte uit de meetgegevens op de fotografische plaat (de beeldruimte), ligt het voor de hand, dat men het fotografisch objectief L zodanig zal trachten te construeren, dat de congruentie van de beide stralenbundels niet verstoord wordt; doet men dit niet, dan worden grote mathematische complicaties geïntroduceerd.

### 13.1.3 Projectief verband tussen punten in de beeld- en in de voorwerpsruimte

De fotogrammetrie berust voor een belangrijk deel op een toepassing van de projectieve meetkunde. Eerst zullen dus de algemene formules gegeven worden voor dit projectief verband. Onder algemeen dient hier te worden verstaan, dat de punten I, II, III en IV (fig. 13.1) niet in één plat vlak liggen, evenmin als de punten 1, 2, 3 en 4, welke met eerstgenoemde een projectief verband hebben via de rechte lijnen door het projectiecentrum L; de fotografische plaat blijft in dit algemene geval dus buiten beschouwing.

De gebruikelijke notatie voor de coördinaten van punten in de beeldruimte is  $x, y, z$ ; die voor punten in de voorwerpsruimte is  $x', y', z'$ . De projectieve

meetkunde leert nu, dat tussen beide stellen coördinaten de volgende betrekkingen bestaan:

$$\left. \begin{aligned} x' &= \frac{a_1x + b_1y + c_1z + d_1}{a_4x + b_4y + c_4z + 1} \\ y' &= \frac{a_2x + b_2y + c_2z + d_2}{a_4x + b_4y + c_4z + 1} \\ z' &= \frac{a_3x + b_3y + c_3z + d_3}{a_4x + b_4y + c_4z + 1} \end{aligned} \right\} \quad (13.1.3a)$$

De coördinaten  $x'$ ,  $y'$ ,  $z'$  in de voorwerpsruimte kunnen m.b.v. deze formules gevonden worden, als bekend zijn de coördinaten  $x$ ,  $y$ ,  $z$  in de beeldruimte, benevens de coëfficiënten  $a_i$  t/m  $a_4$ ,  $b_i$  t/m  $b_4$ ,  $c_i$  t/m  $c_4$  en  $d_i$  t/m  $d_3$ . In het algemeen zullen deze 15 coëfficiënten onbekend zijn. Zij kunnen echter bepaald worden, als in 15 vergelijkingen van het type van 13.1.3a bekend zijn  $x$ ,  $y$ ,  $z$  en  $x'$ ,  $y'$ ,  $z'$ . Aangezien (in dit algemene geval) ieder punt 3 coördinaten heeft, zullen de 15 onbekende coëfficiënten kunnen worden opgelost, als van 5 punten bekend zijn de coördinaten  $x$ ,  $y$ ,  $z$ , zowel als  $x'$ ,  $y'$ ,  $z'$ .

Voor het opstellen van deze *transformatieformules*, welke het mogelijk maken coördinaten van ieder willekeurig punt in de beeldruimte uit te drukken in die in de voorwerpsruimte, is dus nodig de kennis van de ruimtelijke coördinaten in beide ruimten van tenminste 5 punten.

Het omgekeerde probleem — het overbrengen van in projectief verband liggende punten van voorwerps- naar beeldruimte — kan uiteraard op dezelfde wijze en met dezelfde formules worden opgelost; slechts de notaties  $x$ ,  $y$ ,  $z$  en  $x'$ ,  $y'$ ,  $z'$  behoeven daartoe te worden verwisseld.

De bovengegeven algemene formules uit de projectieve meetkunde kunnen in de fotogrammetrie niet zonder meer gebruikt worden. Immers, de afbeelding heeft hier plaats in het *platte* vlak van de fotografische plaat (fig. 13.1) en zodoende bestaat er geen coördinaat  $z$  in de beeldruimte, zodat men van bovenstaande formules geen gebruik kan maken. Later zal blijken, dat men niettemin toch tot een ruimtelijke (driedimensionale) reconstructie van een object in de voorwerpsruimte kan komen door het gebruik van *beeldenparen*, inplaats van afzonderlijke foto's. Men spreekt daarom van *beeldenpaarfotogrammetrie* en van *enkelbeeldfotogrammetrie*.

De enkelbeeldfotogrammetrie kan nimmer  $z$ -coördinaten leveren en moet daarom beperkt blijven tot de kaartering van vlakke terreinen. Beeldt men een plat vlak af op een (platte) fotografische plaat, dan is het projectief verband tussen punten in die beide vlakken uiteraard door eenvoudiger formules voor te stellen. De projectieve meetkunde leert, dat dit verband als volgt luidt:

$$\left. \begin{aligned} x' &= \frac{p_1x + q_1y + r_1}{p_3x + q_3y + 1} \\ y' &= \frac{p_2x + q_2y + r_2}{p_3x + q_3y + 1} \end{aligned} \right\} \quad (13.1.3b)$$

In deze transformatieformules komen als onbekende coëfficiënten voor  $p_i$  t/m  $p_3$ ,  $q_i$  t/m  $q_3$  en  $r_i$  t/m  $r_2$ , dus in totaal 8 onbekenden. In dit geval levert ieder punt 2 coördinaten, zodat van tenminste 4 punten de coördinaten  $x$ ,  $y$  en  $x'$  en  $y'$  bekend

moeten zijn om de onbekende coëfficiënten  $p$ ,  $q$  en  $r$  te kunnen oplossen. Dit geschied zijnde, is een stel transformatieformules gevonden, waarmee ieder punt op de fotografische plaat kan worden omgerekend tot een punt in het (vlakke) terrein, waarvan de fotografische plaat de afbeelding is.

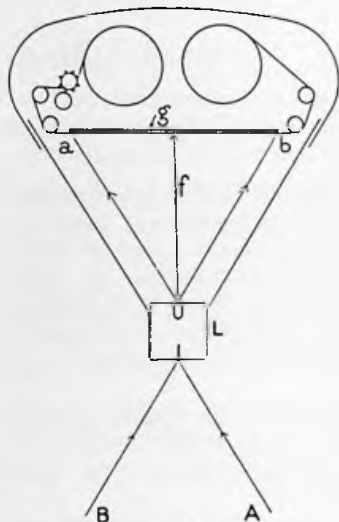


Fig. 13.2

### 13.1.4 Camera's

Luchtcamera's kunnen zijn geconstrueerd voor het gebruik van glasplaten of van film (zie ook par. 13.1.7). Voor de meeste doeleinden wordt van film gebruik gemaakt; fig. 13.2 is een schematische doorsnede van een luchtcamera voor het gebruik van film, terwijl fig. 13.3 een aanzicht is van een cardanisch opgehangen luchtcamera.

Het objectief  $L$  is samengesteld uit meerdere lenzen (zie ook par. 13.1.5), omdat alleen op die wijze de vereiste afbeeldingseigenschappen het beste bereikt, of althans benaderd, kunnen worden.

Voor praktische doeleinden kan men aannemen, dat men te maken heeft met 2 projectiecentra, t.w. de *intreepupil*  $I$  en de *uittreepupil*  $U$ . Als het objectief vrij van afbeeldingsfouten is, dan is de stralengang  $AI$  evenwijdig aan  $Ua$ , enz.; de beide stralenbundels blijven dus congruent en de verplaatsing  $UI$  heeft geen praktische betekenis op het

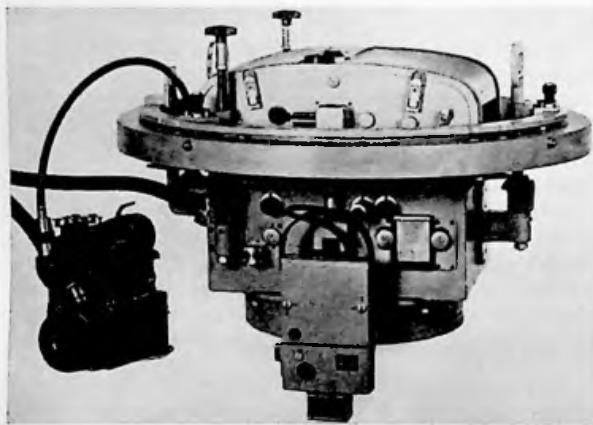


Fig. 13.3

verband, zoals dat door formule 13.1.3b is vastgelegd (afgezien van de verschuiving  $UI$ , welke van geen praktisch belang is).

Het bovenste gedeelte is de *filmcasette*. De film wordt geleid onder langs een zuiver vlakke glasplaat  $g$ , waartegen zij op het moment van belichting automatisch

wordt aangedrukt door een kortstondige kleine overdruk in de beeldruimte (meestal geleverd door een buitenboord luchtschroefje).

De afstand  $f$  is de *beeldafstand*, uiteraard gemeten bij tegen de glasplaat gedrukte film. Deze beeldafstand dient niet verward te worden met de *brandpuntsafstand*, waarvan alleen gesproken kan worden bij een enkelvoudige lens.

De constructie van het camera-huis moet zeer stabiel en onveranderlijk zijn, omdat de beeldafstand constant gehouden moet worden, aangezien die één van de constanten is, welke de vorm van de stralenbundel in de beeldruimte bepalen; deze laatste dient men immers later weer te gebruiken bij het reconstrueren van het gefotografeerde object.

De belichting van de film (plaat) geschiedt door het gedurende korte tijd openen van een *sluiter*. De belichtingstijden zijn van de orde van  $\frac{1}{100}$  secunde of nog

korter. In dat korte tijdsverloop moet de film zoveel mogelijk over de gehele oppervlakte een gelijke hoeveelheid licht ontvangen. Bovendien moet de belichtingstijd gegarandeerd zijn onder alle temperaturen (soms zeer laag) van het sluitmechanisme. De constructieve moeilijkheden — waarop hier echter niet nader zal worden ingegaan — zijn om deze en nog andere redenen zeer groot. Er zijn slechts 2 typen sluiters, welke aan de te stellen eisen voldoen, n.l. de *lamellensluiter* en de *jalousie-sluiter*. De eerste is van het type zoals in goede amateurcamera's voorkomt; zij wordt tussen de lenzen van het objectief aangebracht. De tweede wordt aan de buitenkant van het objectief gemonteerd en is van het type van de sluiters van een zoeklicht; zij komt nagenoeg uitsluitend voor op luchtcamera's van Frans fabrikaat.

Een dergelijke luchtcamera is meestal ingericht voor het nemen van series luchtopnamen met een van te voren te regelen tijdsinterval; de bediening kan zowel zijn met de hand als automatisch.

Luchtcamera's worden gemaakt met beeldafstanden variërende tussen 5 cm en meer dan 100 cm; voor normale luchtkaarteringsopdrachten zijn circa 10, 15 en 21 centimeter veel gebruikte beeldafstanden. De formaten van de opnamen kunnen ook zeer verschillend zijn; een veel gebruikt formaat is ongeveer  $18 \times 18$  centimeter.

Een luchtcamera van het boven beschreven type wordt meestal in zo goed mogelijk verticale stand gebruikt. In sommige gevallen wordt zij daartoe cardanisch opgehangen. Bovendien is de camera voorzien van een doosniveau, hetwelk via één of meer prisma's en lenzen wordt medegefotografeerd op de hoofdfilm; deze fotografische opname is dan bedoeld om een indruk te geven van de helling van het vlak  $g$  (fig. 13.2) ten tijde van de betreffende opname. Aangezien de luchtbel in het doosniveau zich instelt volgens de resultante van de zwaartekracht en de toevallige versnellingen op dat ogenblik, wordt slechts een benaderde richting van de verticaal verkregen. Voor rustige atmosfeer en een geoefend fotovlieger, rekent men dat de aanwijzing  $1$  à  $2^\circ$  van de juiste verticaal kan afwijken.

Aangezien de kennis van de richting van de verticaal van groot belang is bij de latere uitwerking van de foto's tot kaarten, heeft men getracht deze aanwijzing te verkrijgen door gelijktijdig met de verticaal-opname de horizon te fotograferen in twee onderling loodrechte richtingen. De daartoe nodige — aan de hoofdcamera bevestigde — hulpcamera's noemt men *horizoncamera's*.

Dit idee werd voor het eerst met succes toegepast in Finland. In andere landen zijn de omstandigheden veelal minder gunstig, b.v. doordat er hoge bergketens in

één of meer richtingen zijn of doordat de atmosfeer minder doorzichtig is (op 4000 meter vlieghoogte is de horizon ongeveer 250 kilometer verwijderd). De resultaten van horizonopnamen zijn dan ook dikwijls weinig bevredigend, ondanks het gebruik voor dat doel van infrarood film en filters. Onder gunstige omstandigheden kan de absolute oriëntering van de as van de hoofdcamera uit 2 onderling loodrechte horizonopnamen bepaald worden met een nauwkeurigheid van enkele boogminuten.

Een ander idee — afkomstig van de Italiaan Antoni — is om de zon via prisma's en lenzen mee te fotograferen. Uit bekende tijd en geografische lengte en breedte staat dan één richting vast, n.l. hoogte en azimuth van de zon. Dit is niet voldoende om de plaat *g* (fig. 13.2) in de ruimte te oriënteren; als tweede richting maakt Antoni gebruik van een meegefotografeerd kompas. De oplossing is gecompliceerd; zij werkt bevredigend, doch niet ideaal.

Verdere mogelijkheden om de opnameas van de luchtcamera verticaal te plaatsen zijn gelegen in gyrostabilisatie van de camera of van het gehele vliegtuig. Tot nu toe is het nog niet gelukt om langs deze weg de gewenste nauwkeurigheid van enkele boogminuten te bereiken.

Zoals in par. 13.1.5 zal blijken, is de *beeldhoek* (hoek tussen richtingen A en B in fig. 13.2) maximaal van de orde van  $90^\circ$ . In sommige gevallen wenst men echter een bredere terreinstrook te fotograferen, dan met  $45^\circ$  ter weerszijden van de verticaal mogelijk is. Om dit mogelijk te maken, zijn verschillende oplossingen bedacht. Men kan b.v. 3 vast aan elkaar gekoppelde camera's gebruiken met de assen gericht als in fig. 13.4. Dit is de Amerikaanse *trimetrogon-methode*. In theorie wordt daarbij op de beide *oblique's* of *schuinse* opnamen de horizon meegefotografeerd, zodat daaruit de hellingen van de assen van de oblique-camera's en door toepassing van het constante hellingsverschil ook die van de verticale opname bepaald kunnen worden; in de praktijk valt dit voordeel tegen, omdat de horizon meestal niet is te onderscheiden.

Teneinde een bredere strook te fotograferen dan met één verticale camera mogelijk is, kan men één enkele camera achtereenvolgens de standen geven van de 3 metrogon-camera's (fig. 13.5); men kan zich ook beperken tot 2 standen ter weerszijden van de verticaal, waarbij dan geen mogelijkheid is tot afbeelding van de horizon. Een camera, welke is ingericht voor het achtereenvolgens onder verschillende hellingshoeken fotograferen, noemt men een *pendelcamera*.

Een geheel andere oplossing is gevonden in de *panoramacamera* van Asschenbrenner en de *9-lens-camera* van de U.S. Coast & Geodetic Survey. Beide hebben 9 objectieven met evenwijdige opname-assen. Door het middelste objectief wordt een normale (verticale) opname genomen; de overige 8 objectieven zijn daaromheen gegroepeerd en fotograferen via prisma's of spiegels. De totale beeldhoek wordt zodoende  $140^\circ$ , d.w.z. bij verticale camera-as,  $70^\circ$  naar alle zijden van de verticaal.

Alle opnamen worden gemaakt op één enkele film. De via de spiegels of prisma's tot stand gekomen 8 beelden zijn feitelijk oblique's, doch in een speciaal omvormings-apparaat kunnen deze 8 opnamen omgevormd worden tot beelden, welke zouden zijn ontstaan bij verticale opname-as. Deze 8 omgevormde beelden worden dan weer met de centrale opname verenigd tot één foto, welke dan hetzelfde beeld geeft als één enkele foto, welke zou zijn opgenomen met één enkel objectief met een beeldhoek van  $140^\circ$ . De panoramacamera — veelal aangeduid als P.K. — heeft een beeldafstand van 5,25 cm, terwijl het formaat van de omgevormde foto  $26 \times 26$  cen-

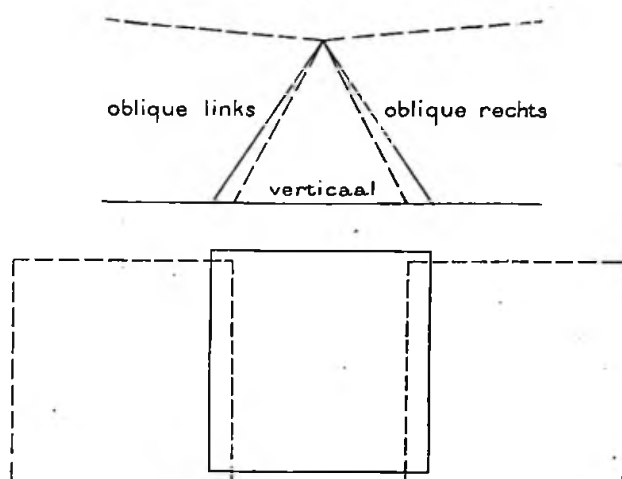


Fig. 13.4

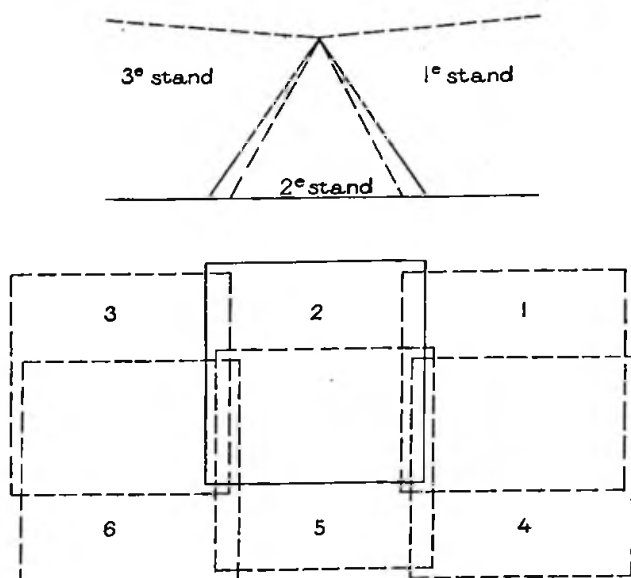


Fig. 13.5



timeter bedraagt. Van de Amerikaanse 9-lens-camera is de beeldafstand 21 cm; de negatieven zijn  $58 \times 58$  cm en de omgevormde beelden  $90 \times 90$  cm.

Behalve deze 9-lens-camera's, bestaan nog een aantal *multilenscamera's*, waarvan één van de meest bekende is de 5-lens-camera van Fairchild (U.S.A.). Daarbij zijn rond een camera met verticale opname-as een aantal (b.v. 4) camera's gegroepeerd met oblique opname-assen. Bij dit type camera's wordt ieder der (5) opnamen gemaakt op afzonderlijke film of glasplaat. De reeds genoemde trimetrogon behoort onder deze groep van camera's.

Alle luchtcamera's hebben een vaste beeldafstand; aan scherpstelling voor verschillende afstanden tot het gefotografeerde object bestaat namelijk bij luchtkaartering geen behoefte.

Enkele nadere bijzonderheden over met luchtcamera's genomen foto's worden nog vermeld in volgende paragrafen.

### 13.1.5 Objectieven

Een objectief voor precisiewerk moet, behalve aan de mathematische eisen geïllustreerd in fig. 13.2, nog aan een aantal fotografische eisen voldoen ten aanzien van de hoeveelheid, gelijkmatige verdeling en soort van het doorgelaten licht. Bovendien stelt de gebruiker van een luchtcamera om economische redenen nog de eis, dat de beeldhoek zo groot mogelijk moet zijn (*Weitwinkel; wide-angle*);  $90^\circ$  à  $95^\circ$  is in dit opzicht een veel gestelde eis.

Hiermede is het aantal te stellen eisen niet uitgeput, doch werden de voornaamste genoemd.

Eén enkele lens kan nimmer aan die gezamenlijke eisen voldoen. Zij bezit n.l. een aantal afwijkingen, welke zijn samen te vatten in 2 hoofdgroepen: de *sferische aberratie* en de *chromatische aberratie*. Onder de eerste groep vallen afwijkingen, welke bekend zijn als astigmatisme, coma, ton- en kussenvormige vertekening en kromming van het beeldveld. In de tweede groep vallen verschillende kleurschiftingsverschijnselen, welke ontstaan doordat licht van verschillende golflengte verschillend gebroken wordt in het glas van de lens.

Slechts door een combinatie van meerdere lenzen is men in staat het effect van één van deze aberraties op te heffen en tegelijkertijd dat van de overige aberraties binnen bekende en aanvaardbare grenzen terug te brengen. Hieruit blijkt, dat men voor verschillende uiteindelijk beoogde doeleinden gebruik zal maken van verschillende combinaties van lenzen al naar gelang van de bepaalde soort aberratie, welke men in de eerste plaats wenst te niet te doen. Het samenstel van lenzen, dat men voor dit doel gebruikt, noemt men het *fotografisch objectief*.

Het verschil tussen de centrale projectie van fig. 13.1 en 13.2 en de door het objectief tot stand gekomen afbeelding noemt men voor praktisch gebruik de *afbeeldingsfout*, waarin dus de gezamenlijke invloed van alle resterende aberraties is samengevat, voor zover die betreffen de meetkundige interpretatie van het beeld.

Bij het ontwerpen van een objectief speelt ook een zeer belangrijke rol een gelijkmatige doorlating van het licht over de gehele beeldhoek. Uit de theorie van de optische projectie blijkt, dat de verschillende eisen min of meer met elkaar in tegenspraak zijn. Er moet zodoende naar een compromis gezocht worden en het is dan ook niet te verwonderen, dat de berekening van een bepaald type objectief voor een luchtcamera meerdere maanden tot een jaar vergt; als een enkel voorbeeld

wordt genoemd, dat de ontwikkeling van het Zeiss Weitwinkel objectief *Topogon* meerdere jaren heeft geduurd.

Het samenvoegen van deze lenzen — meestal ongeveer 6 stuks — tot een objectief stelt uiteraard hoge optische regelingseisen. Verder is een bezwaar, dat het lichtverlies door reflectie in het objectief evenredig is met het aantal aan lucht grenzende lensoppervlakken, d.w.z. bij 6 niet gekitte lenzen 12. Het lichtverlies in een luchtcamera-objectief was vroeger van de orde van 30 à 50%, doch kan sinds de 2e wereldoorlog zeer belangrijk gereduceerd worden door de lenzen te „coaten”, d.w.z. te bedekken met een laagje wolfram (ook andere metalen worden gebruikt) ter dikte van  $\frac{1}{4}$  van de golflengte van licht, dat is dus een laagje van ongeveer 0,000015 millimeter dikte.

### 13.1.6 Hulpinstrumenten

*De statoscoop.* De statoscoop is een precisie-vloeistofbarometer voor het nauwkeurig meten van kleine hoogteverschillen van niet meer dan 30 meter. Zij wordt gebruikt om de hoogtevariatiën tussen de opeenvolgende punten waar een luchtfoto genomen wordt, te meten.

Indien men aanneemt, dat de barometrische hoogtevlakken evenwijdig aan zeeniveau liggen, dan kunnen met de statoscoop hoogtevariatiën gemeten worden met een nauwkeurigheid van  $\frac{1}{2}$  à 1 meter; de hoogte boven zee van het niveauvlak, t.o. waarvan de statoscoop meet, wordt bepaald met een precisie-aneroïde-barometer.

Bij een systematische luchtkaartering worden de statoscoopaanwijzingen synchroon met de verticale opnamen gefotografeerd m.b.v. een kleine camera met 35 mm film.

*Intervalometer.* Bij een systematische luchtkaartering worden de foto's in de vliegrichting meestal genomen met circa 60% *langs-overlap* (zie ook par. 13.1.10). Bij vooraf uit driftmetingen bekende windcomponent in de vliegrichting en bekende vliegsnelheid betekent dit, dat de foto's met een bepaald tijdsinterval genomen moeten worden. Dit kan gebeuren door de sluiters met de hand te bedienen, of automatisch d.m.v. een op verschillende tijdsintervallen instelbare intervalometer.

*Klok.* Een normale, doch nauwkeurig lopende, klok behoort tot de hulpinstrumenten, welke dikwijls in de hoofdcamera zijn ingebouwd.

*Hoogtemeters* kunnen zowel berusten op het principe van de aneroïde als op het radarprincipe. De afleesnauwkeurigheid van een aneroïde-hoogtemeter kan van de orde van 1 meter zijn; de absolute hoogteaanwijzing is echter afhankelijk van niet of gebrekkig te controleren meteorologische omstandigheden, waardoor de onzekerheid in de absolute hoogte in bepaalde omstandigheden 100 en meer meter kan zijn. Een radarhoogtemeter kan de hoogte boven het terrein geven met een nauwkeurigheid van de orde van 20 meter; een dergelijk instrument heeft meer waarde als navigatie-instrument dan als hulpinstrument bij de luchtkaartering, waarbij men in belangrijke mate geïnteresseerd is in de hoogte boven zeeniveau. Indien de nauwkeurigheid echter nog zou kunnen worden opgevoerd, dan zijn ook zekere luchtkaarteringstoepassingen denkbaar.

*Gyroscopen.* Deze worden in sommige gevallen gebruikt voor het verticaal stellen en houden van de camera-as. De bereikbare nauwkeurigheid is nog niet voldoende voor de eisen (van de orde van  $0^\circ,1$ ), welke men gaarne zou stellen.

*Doosniveau.* Op een luchtcamera is steeds een doosniveau aangebracht. De bedoeling is enige aanwijzing te verkrijgen omtrent de al of niet verticale stand van de camera-as. Op het glas van het doosniveau zijn ringen gegraveerd, welke meestal een interval aangeven van  $1^\circ$ . In par. 13.1.4 is reeds opgemerkt dat de luchtbel niet de richting van de ware verticaal aangeeft.

*Horizon-camera.* Deze werd reeds in par. 13.1.4 genoemd.

De aanwijzingen van deze hulpinstrumenten (of van sommige daarvan) worden fotografisch geregistreerd, hetzij op afzonderlijke 35 mm film, hetzij in de hoeken van de hoofdfilm. De laatste wijze van registratie heeft vele voordelen, omdat daarbij geen twijfel kan bestaan in verband met nummering van foto's.

### 13.1.7 Fotografisch materiaal. Filters. Belichting

Opnamen uit de lucht stellen hoge eisen aan het fotografisch materiaal. Zij worden als regel genomen op grote hoogte en uit een snel bewegend vliegtuig. Dit houdt in fotografie op grote afstand en korte belichtingstijd. Verder moeten zoveel

mogelijk details van het terrein op de foto's kunnen worden waargenomen en opgemeten (hoog *oplossend vermogen*), terwijl het eenmaal door de inwerking van het licht gevormde fotografische beeld geen meetkundige vervormingen mag ondergaan door latere bewerkingen, zoals b.v. ontwikkeling; dit laatste betekent hoge *stabiliteit* van de emulsie en de emulsiedrager. Een eis voor een goede interpretatie van de details is verder, dat kleine helderheids- en kleurverschillen van het terrein, in het (zwart-witte) beeld duidelijk tot uitdrukking komen als zwartingsverschillen. Tenslotte zijn er nog enkele praktische eisen, zoals handelbaarheid, houdbaarheid, prijs e.d.

Bij nader onderzoek blijkt, dat vele van de bovengenoemde eisen tegenstrijdig zijn; de uiteindelijk te kiezen oplossing is dus steeds een compromis.

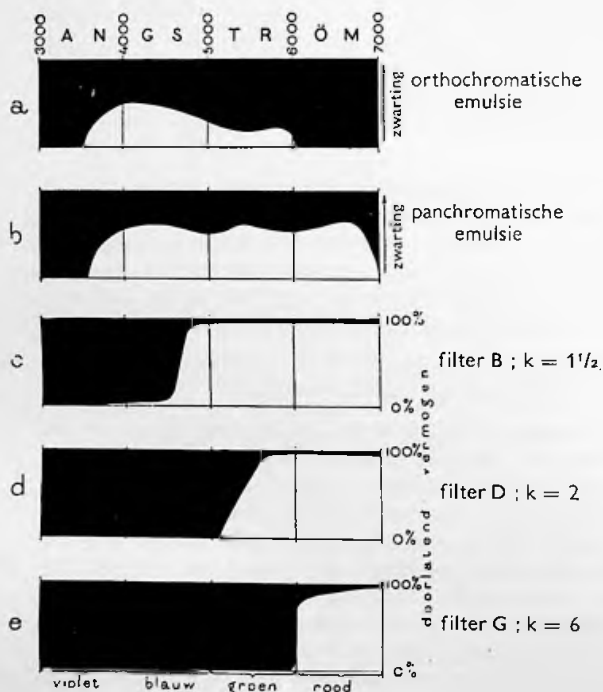


Fig. 13.6

Om aan de eis van duidelijke afbeelding van kleine helderheids- en kleurverschillen te voldoen, moet de fotografische emulsie gevoelig zijn voor (korte)

lichtindrukken over de gehele breedte van het spectrum, dat is practisch tussen 4000 en 7000 Angström<sup>1)</sup>).

Het is lange tijd moeilijk geweest een emulsie te vervaardigen, welke aan die eis voldoet; de gevoeligheid van *orthochromatische* emulsie ligt tussen 3700 en 6000 Å, die van *panchromatische aero-film* tussen 3700 en 6900 Å; zie fig. 13.6 a en b.

Bij het nemen van foto's op grote afstanden (vlieghoogten tegenwoordig tot 10 km) heeft men vrijwel steeds last van het z.g. *strooilicht*; dit ontstaat doordat de blauwe stralen door allerlei onzuiverheden in de luchtlaag tussen object en camera meer gebroken worden dan het licht van langere golflengte, resulterende in het bekende blauwachtige waas op grote afstanden.

Dit waas versluiert de details van de foto en daarom wenst men deze blauwe stralen uit te schakelen, hetgeen geschiedt door het gebruik van een filter; de kleur van dit filter is meestal geel, doch voor speciale doeleinden worden ook andere kleuren gebruikt. In fig. 13.6 c, d en e zijn de karakteristieken van enkele veel gebruikte filters gegeven. Het gebruik van een filter betekent een verlenging van de belichtings-tijd met een factor  $k$ ; zie figuur.

Met betrekking tot de meetkundige zuiverheid, waarmede in het beeld kan worden gemeten is van belang de emulsie, zowel als de emulsiedrager. In de emulsie zelf treden slechts onbelangrijke vervormingen op door het ontwikkelings- en droog-proces. Als emulsiedrager van grote (meetkundige) stabiliteit komt in aanmerking glas. Glasplaten van voor het beoogde doel voldoende vlakheid zijn echter dik en daardoor zwaar; verder zijn ze breekbaar en stelt een snelle verwisseling voor de snel op elkaar volgende luchtopnamen hoge constructieve eisen aan de *platen-wisselaar* (er bestaan cassetten tot 200 platen). Het gebruik van glasplaten is daarom beperkt tot die gevallen, waarin de uiterste nauwkeurigheid verlangd wordt. Voor normaal cartografisch werk wordt gebruik gemaakt van „film”, veelal bestaande uit een dunne en doorzichtige laag celluloid. Dit celluloid als emulsiedrager heeft redelijke eigenschappen met betrekking tot de maatvastheid; moderne luchtkaarteringsfilm heeft onregelmatige vormveranderingen van de orde van 20 micron, terwijl regelmatige vormveranderingen — resulterende in een schaalverandering waarvoor veelal kan worden gecorrigeerd — bij deskundige behandeling tot ongeveer 1‰ beperkt blijven. Een gevaarlijke eigenschap van celluloid is, dat het uiterst brandbaar is en voor vele doeleinden wordt het dan ook vervangen door onbrandbaar materiaal; dit laatste heeft echter minder gunstige eigenschappen met betrekking tot de maatvastheid. De enige bekende onbrandbare film voor luchtkaarteringsdoeleinden is de Eastman Kodak topobase film (acetate-basis), doch in de meeste gevallen wordt nog gebruik gemaakt van celluloid. Uitgebreide proeven worden nog steeds genomen om het plastic *vinylite* — dat buitengewoon maatvast is — als emulsiedrager te gebruiken, doch tot nu toe hadden die proeven geen bevredigend resultaat.

Van belang voor het identificeren van objecten op de foto is het *scheidend of oplozend vermogen* van de emulsie. Dit wordt door verschillende factoren beheerst, waarvan een voorname is de *korrelgrootte*. Een gemiddelde waarde voor *aerofilm* is een oplozend vermogen van ongeveer 16 micron.

Vanwege haar lichtgevoeligheid over het grootste gedeelte van het zichtbare spectrum wordt bij luchtfotografie nagenoeg uitsluitend gebruik gemaakt van

<sup>1)</sup> 1 Angström = 1 Å = 0,1 millimu = 0,1 m μ = 0,1 μμ = 0,0000001 millimeter.

panchromatische emulsies, welke verkrijgbaar zijn in rollen van de gewenste breedte en ter lengte van een 200-tal opnamen. Voor speciale doeleinden wordt ook wel gebruik gemaakt van emulsies, welke gevoelig zijn in het rode en zelfs infrarode gedeelte van het spectrum. Aangezien dit soort emulsies bovendien lichtgevoelig is voor de kleinere golflengten, moet (voor infrarood) gefotografeerd worden door een infraroodfilter met factor  $k = 12$  of nog groter. Infrarood opnamen hebben het voordeel dat bepaalde objecten — o.a. boomsoorten en verschillende soorten camouflage — daarop soms beter geïdentificeerd kunnen worden. Een verder voordeel is, dat de infrarode stralen een groter doordringingsvermogen in een heilige atmosfeer (niet in mist) hebben. Een praktisch nadeel in een snel bewegend vliegtuig is de lange belichtingstijd (grote factor  $k$ ).

Kleurenfilm wordt sinds de 2e wereldoorlog eveneens voor luchtkartering toegepast. Bij de tegenwoordige stand van de techniek schijnen de voordelen — althans bij commerciële toepassing — nog niet geheel op te wegen tegen de nadelen, welke gelegen zijn in de hoge kosten, zeer critische belichtingstijd en betrekkelijk weinig opgevoerde identificatie-mogelijkheid. Voor speciale onderzoeken vindt de kleurenfilm voor luchtopnamen echter wel toepassing.

Van de moeilijkheden, welke zich voordoen bij de ontwikkeling, wordt hier slechts aangestipt, dat zulks met de uiterste zorg dient te geschieden.

Het is veelal gebruikelijk om van een filmnegatief onmiddellijk, nadat het gedroogd is, een afdruk te maken op glas in de vorm van een *glasdiapositief*. Op dit laatste worden dan alle metingen gedaan. De bedoeling is om op deze wijze te kunnen beschikken over een document dat zo goed mogelijk maatgetrouw is en blijft met de oorspronkelijke centrale projectie door het fotografisch objectief. Op dit diapositief kunnen dan de nodige aantekeningen gemaakt worden zonder het originele negatief te beschadigen.

Van het filmnegatief worden ook steeds een aantal contactafdrukken gemaakt op papier. Zij kunnen niet dienen als meetobject, omdat het fotografisch papier onderhevig is aan grote onregelmatige vormveranderingen. Er bestaat ook fotografisch afdrudpapier op een basis van aluminium, bekend onder de naam van fotocorrectostaat. In maatvastheid kan dit echter niet wedijveren met het glasdiapositief.

De belichtingstijd is afhankelijk van de belichting van het te fotograferen terrein, de doorzichtigheid van de atmosfeer, de lichtsterkte van het objectief, het gebruikte filter en de lichtgevoeligheid van de film of glasplaat. Het vereist zodoende een grote praktische ervaring om de juiste belichtingstijd in ieder bepaald geval vast te stellen. Een korte belichtingstijd (1/50 tot 1/200 seconde) is in ieder geval noodzakelijk omdat anders beeldonscherpte ontstaat tengevolge van de beweging van de camera t.o.v. het terrein. Dit soort moeilijkheid is uiteraard het grootste bij de kleinere vlieghoogten. Er bestaan camera-uitvoeringen, waarbij het objectief gedurende de belichting zodanig wordt bewogen, dat voor deze invloed gecompenseerd wordt.

### 13.1.8 Enkele definities

In fig. 13.7 worden de terreinobjecten A, B, C, D door het objectief L volgens een centrale projectie afgebeeld in de punten a, b, c, d van het *negatief*. Maakt men van dit negatief een afdruk op glas, dan wordt een *diapositief* verkregen, dat meetkundig beschouwd kan worden als liggende in de in de figuur gestippelde positie.

De kaart is een orthogonale projectie van het terrein (projectie volgens de loodlijnen door A, B, C en D); in de figuur is de schaal van de kaart 1 : 1.

De vlakken van het negatief en het diapositief zijn bij definitie aan elkaar evenwijdig. In de praktijk zal het vlak van het negatief niet zuiver evenwijdig zijn aan het (niveau)vlak van het terrein; het is gebruikelijk de helling te ontbinden in 2 componenten: die in de langs- (of vlieg-)richting  $= \alpha$  en die in de dwarsrichting loodrecht daarop  $= \omega$ .

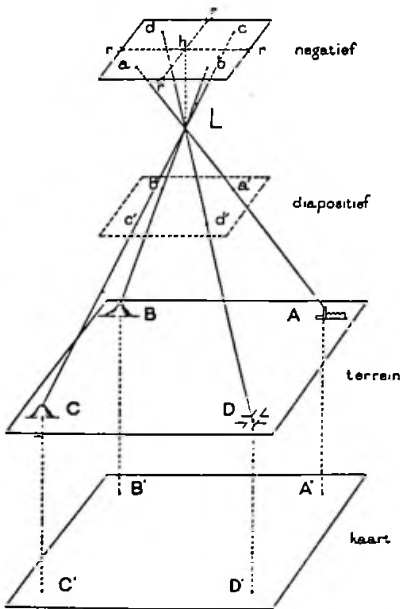


Fig. 13.7

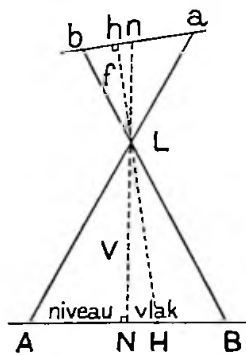


Fig. 13.8

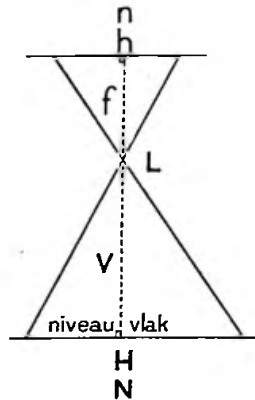


Fig. 13.9

Het vlak van de kaart wordt evenwijdig genomen aan het niveauvlak van het terrein; de algemene helling van het terrein is in de regel niet evenwijdig aan het kaartvlak, zoals in de figuur is getekend.

In fig. 13.8 is N het *nadirpunt* van de opname; op het negatief wordt dit punt in n afgebeeld. Het *hoofdpunt* h van de opname wordt bepaald door het voetpunt van de loodlijn uit L op het negatief; het corresponderende terreinpunt ligt in H. De afstand Lh noemt men de *beeldafstand*  $= f$ . De afstand LN noemt men de *vlieghoogte*  $= V$ .

Bij verticaal gerichte opname-as vallen h en n en dus ook H en N samen (zie fig. 13.9).

Aan het huis van de camera zijn een viertal vaste *randmerken* r aangebracht (fig. 13.7), welke bij iedere opname op het negatief worden meegephotografeerd. Zij zijn op zodanige plaats aangebracht, dat het snijpunt van hun loodrechte verbindingslijnen gaat door het (voor een bepaalde camera vaste) hoofdpunt h. Voor het opmeten van coördinaten op de foto kunnen zij gebruikt worden als een rechthoekig coördinatenstelsel x, y.

### 13.1.9 Fotoschaal

De schaal van een met verticale camera-as van een horizontaal terrein genomen luchtfoto kan bepaald worden uit de beeldafstand en de vlieghoogte; zie fig.13.9.

Deze schaal is namelijk gelijk aan  $\frac{f}{V}$ . Voorbeeld :  $f = 20$  cm en  $V = 5000$  meter;  
 fotoschaal =  $\frac{0,2}{5000} = 1 : 25.000$ .

Ter vergroting van de fotoschaal beschikt men over 2 middelen n.l. het gebruik van een camera met grotere  $f$  en een kleinere vlieghoogte.

Beide methoden hebben echter zekere beperkingen en bezwaren. Grotere beeldafstand' brengt in het algemeen met zich mede dat om optisch-technische redenen de beeldhoek kleiner wordt, d.w.z. bij gelijkblijvende vlieghoogte een smallere te fotograferen strook. Voor zover de beeldhoek gelijk zou kunnen blijven, betekent een grotere  $f$  een groter beeldformaat met de daaraan verbonden praktische bezwaren van het voldoende vlak houden van de film of bij gebruik van glasplaten toenemend gewicht en dikte. Tegen het tweede middel — verkleinen van  $V$  — geldt als bezwaar dat de te fotograferen strook smaller wordt.

Aangezien men bij een commerciële luchtkaartering het terrein wenst te overdekken met een zo klein mogelijk aantal vliegstroken (dus zo breed mogelijke „runs”), zal het duidelijk zijn, dat een compromis tussen vrij nauwe grenzen moet liggen.

Uit fig. 13.8 blijkt, dat bij hellende camera-as en/of bij hellend terrein niet gesproken kan worden van een bepaalde schaal van de foto, aangezien deze niet over het gehele beeld gelijk is. Bij benaderd verticaal genomen foto's en/of benaderd horizontaal terrein, kan dus ook slechts gesproken worden van een benaderde of een gemiddelde fotoschaal.

De schaal, waarop luchtfoto's genomen worden, loopt zeer uiteen en is o.m. afhankelijk van de details, welke men in het fotobeeld wenst te interpreteren. Voor militaire doeleinden kan de schaal soms zeer groot zijn (identificatie van doelen), doch ook de kleinere schalen worden gebruikt (algemene verkenning). Voor geologische en bosbouwkundige verkenning is een fotoschaal tussen 1 : 20.000 en 1 : 40.000 gewenst. Voor luchtkaarteringen ten dienste van ingenieursprojecten of t.b.v. het kadaster worden de foto's op veel grotere schaal genomen. Bij het bepalen van de schaal, waarop luchtfoto's genomen zullen worden, speelt ook een rol het feit, dat de met moderne camera's genomen luchtfoto's meerdere malen vergroot kunnen worden zonder storend aan scherpste te verliezen (b.v. moderne Wild-camera's).

Voor luchtfoto's ten dienste van hydrografische interpretatie is een schaal tussen 1 : 20.000 en 1 : 40.000 de meest gewenste; foto's op andere schaal kunnen echter ook nog zeer bruikbaar zijn.

#### 13.1.10 Vliegplan

Een luchtkaartering van een gebied van enige uitgestrektheid wordt steeds uitgevoerd volgens een te voren opgemaakt *vliegplan*. Bij het opmaken van dit plan wordt rekening gehouden met de talrijke factoren, welke de kwaliteit van het werk kunnen beïnvloeden, daaronder begrepen de economische.

In het algemeen zal men trachten het te fotograferen terrein te bedekken met een zo klein mogelijk aantal vliegstroken. Ten eerste is daarvan de nauwkeurigheid afhankelijk waarmede de foto's — met een bepaald aantal terrestrische contrôle-

punten — tot kaart kunnen worden uitgewerkt. Ten tweede kan men voor enigszins uitgebreide opdrachten wel zeggen, dat de totale kosten ongeveer evenredig zijn met het aantal vliegreun, d.w.z. de lengte in kilometers van de totale vliegstrokeu. Brede vliegstrokeu verdienen dus de voorkeur, d.w.z. zo groot mogelijke  $f$  en zo groot mogelijke vlieghoogte; in par. 13.1.9 is reeds gebleken, dat men in dit opzicht een compromis moet sluiten. Bij het ontwerpen van dit plan wordt verder rekening gehouden met de ligging van de terrestrische contrôlepunten, welke nodig zijn voor het uitwerken van de foto's tot een nauwkeurige kaart, met de heersende windrichting, met de leiding welke objecten in het terrein (rivieren, spoorwegen, e.d.) zullen kunnen geven bij de vliegtuignavigatie, en met nog vele andere omstandigheden.

De fotovluchten worden zoveel mogelijk uitgevoerd volgens het vliegplan. Boven oerbos is het buitengewoon moeilijk voor het fotovliegtuig om op de in het vliegplan geprojecteerde koersen te blijven. Indien niet over elektronische hulpmiddelen voor de navigatie (Decca, Shoran, G.H.) wordt beschikt, rekent men voor terrein met weinig identificatiemogelijkheden en voor een geroutineerd fotovlieger, dat 25% extra gevlogen moet worden voor het opvullen van heilige dagen (gaps).

Een copie van het vliegplan wordt uiteraard steeds in het vliegtuig meegenomen. Indien dit vliegplan oorspronkelijk ontworpen is op een schetsmatige kaart, dan kan deze kaart dikwijls (voor deze navigatie-doeleinden) verbeterd worden aan de hand van de geleidelijk gereed komende luchtfoto's en een daaruit samengesteld *fotomosaïc*.

Het vliegplan is ook het document op grond waarvan de kostenraming gemaakt wordt.

Het gecorrigeerde vliegplan — dat is een overzicht van de werkelijk gevlogen strokeu (of „runs”) — dient later als overzicht bij het uitwerken van de foto's tot kaart. In beide plannen worden alle vliegstrokeu volgens een bepaald systeem genummerd; iedere bepaalde foto in een bepaalde run krijgt bovendien een afzonderlijk volgnummer. Aan deze nummering moet grote zorg besteed worden, aangezien het anders dikwijls onmogelijk is een bepaalde foto te localiseren.

De foto's in de richting van de run — de *langsrichting* — worden gewoonlijk genomen met ongeveer 60% *langsoverlap*; dit wordt gedaan teneinde van de gehele strook „dubbele” foto's te hebben, d.w.z. ieder terreinpunt in de strook komt voor op een *beeldenpaar*, hetgeen stereoscopische uitwerking (par. 13.2 en 13.3) mogelijk maakt. Voor de cartografische uitwerking van naast elkaar liggende strokeu, is het noodzakelijk dat aangrenzende strokeu een *dwarsoverlap* hebben. Met deze dwars-overlap wordt rekening gehouden in het vliegplan; men ontwerpt haar gewoonlijk op 15 à 25% van de breedte van de strook.

Voorbeeld:  $f = 20$  cm;  $V = 6000$  meter.

De fotoschaal wordt dus 1 : 30.000; de breedte van een strook wordt (bij 90° beeldhoek en verticale opnamen) 12 km; effectieve breedte (minus 25%) wordt 9 km; bij 60% langsoverlap is het interval in de langsrichting 4,8 km; dit betekent bij een vliegsnelheid van  $360 \text{ km/h} = 100 \text{ m/sec}$  een tijdsinterval van 48 seconden.

## 13.2 Stereoscopisch zien en meten

### 13.2.1 Inleiding

Door middel van stereoscopisch zien is de mens in staat zich een ruimtelijke indruk te vormen van zijn omgeving. Dezelfde indruk kan te voorschijn geroepen



worden bij de beschouwing van foto's van voorwerpen; de foto's moeten daarbij aan bepaalde voorwaarden voldoen. Aangezien het normale effect van stereoscopisch zien versterkt kan worden bij de beschouwing van aan zekere voorwaarden voldoende foto's, speelt de *stereoscopische waarneming* een buitengewoon grote rol bij de interpretatie van luchtfoto's. Zoals in par. 13.2.4 zal blijken, zijn ook methoden ontwikkeld om het stereoscopisch effect van het waarnemen van een ruimtelijk beeld meetbaar te maken en in getallen uit te drukken. De *stereoscopische meting* is dan ook onmisbaar bij het uitmeten van luchtfoto's ten dienste van kaartering of afbeelding van objecten.

### 13.2.2 Natuurlijk stereoscopisch zien

Het is een ieder met normale ogen bekend, dat voorwerpen op niet te grote afstand gezien *ruimtelijk* gezien worden, d.w.z. wij zijn in staat te beoordelen of een bepaald voorwerp dichter bij de waarnemer ligt dan een ander — tegelijkertijd in het gezichtsveld zijnd — voorwerp.

Hierbij moet onderscheid gemaakt worden tussen twee verschillende wegen, waarlangs die ruimtelijke indruk in onze hersenen tot stand komt. De éne weg berust zuiver op ervaring, waarbij men tot een bepaalde conclusie omtrent afstanden komt op grond van meetkundig perspectief (b.v. rijen van bomen), luchtperspectief (heiligheid in de verte), (onbewust) vergelijk met voorwerpen van bekende grootte (gebouwen, bomen). Dit soort afstandsschattingen kan zowel met één, als met beide ogen geschieden; het heeft dan ook niets te maken met enige vorm van stereoscopisch zien.

De tweede weg is die der stereoscopie, welke berust op het *verschil* tussen de beelden die van eenzelfde voorwerp ontstaan op de netvlieszen van de beide ogen. Stereoscopisch zien is dan ook alleen mogelijk bij gebruik van beide ogen en bij de aanwezigheid van 2 waarneembaar verschillende beelden op de beide netvlieszen van één en hetzelfde object.

Het beschouwen van een voorwerp met beide ogen gelijktijdig noemt men *binoculair zien*, terwijl een beschouwing met één der ogen wordt aangeduid als *monoculair zien*.

Een vereiste voor een ruimtelijk (stereoscopisch) binoculair zien is het bezit van normale ogen; er is geen voorafgaande oefening of ervaring voor nodig, aangezien dit een aangeboren eigenschap is. Bij het te voorschijn roepen van een stereoscopisch effect met behulp van foto's — welke aan nader te noemen voorwaarden moeten voldoen — is als regel enige voorafgaande oefening nodig.

Alle afstandsschattingen, welke monoculair geschieden, berusten niet op een stereoscopisch effect, doch op ervaringsfeiten in verband met vergelijk met andere voorwerpen van bekende grootte of perspectief.

Indien een waarnemer een punt P (fig. 13.10) beschouwt, dan richt hij onbewust en automatisch de beide oogassen op dat punt P. De hoek  $\gamma$  noemt men de *convergentiehoek* tussen de beide oogassen. Deze hoek kan variëren tussen ongeveer  $25^\circ$  en  $0^\circ$ ; divergentie van de oogassen is niet mogelijk. De bewegingsmogelijkheid van de oogassen is verder — praktisch gesproken — beperkt tot een *kernvlak*, gaande door de *oogbasis* b van normaal 65 mm en het geïmagineerde punt P.

Om het punt P scherp te kunnen zien (een scherp beeld te verkrijgen op de beide netvlieszen) moeten de ooglenzen  $L^1$  en  $L^2$  ingesteld (*gefocusseerd*) zijn op de betref-

fende afstanden tot P; deze scherpstelling geschiedt onbewust en automatisch en is bekend onder de naam van *accomodatie*.

De beelden van P worden nu op de beide netvliezen gevormd resp. in  $P_1^l$  en  $P_1^r$ , d.w.z. in het midden van de z.g. gele vlek, zijnde het meest gevoelige deel van het netvlies; de gele vlek is — naar verhouding overdreven groot — voorgesteld als het dik getekende gedeelte in fig. 13.10.

Veronderstellen we nu, dat zich in de voorwerpsruimte, behalve het punt P waarop de oogassen gericht zijn, nog een tweede punt  $P_1$  bevindt. De netvliesbeelden van dit laatste punt zullen nu gevormd worden resp. in  $P_1^l$  en  $P_1^r$ , welke beide punten in de figuur binnen de begrenzing van de gele vlek vallen. Indien één der hoeken  $\delta^l$  of  $\delta^r$  een zeker bedrag zou overschrijden, dan zou het beeld buiten de gele vlek vallen en geen duidelijke waarneming mogelijk zijn; het gelijktijdig waarnemen van twee punten P en  $P_1$  is dus gebonden aan bepaalde — kleine — richtingsverschillen  $\delta$ ; de grenswaarde van  $\delta$  varieert bij verschillende personen en voor de maximum waarde wordt opgegeven 70'. Uit de figuur blijkt, dat de richtingsverschillen  $\delta^l$  en  $\delta^r$  ongelijk moeten zijn als P en  $P_1$  zich op ongelijke afstand van de waarnemer bevinden.

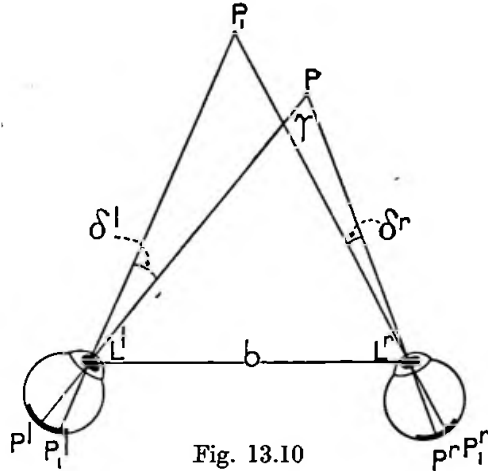


Fig. 13.10

Men kan zich op de netvliezen stelsels van meridianen en parallellen denken, waarbij de nulmeridianen en de equators gaan door  $P_1^l$  en  $P_1^r$ , terwijl de equators gelegen zijn in het kernvlak door de oogbasis en P. In de in de figuur getekende situatie, hebben  $P_1^l$  en  $P_1^r$  dus een verschillende „lengte”, terwijl hun „breedte” een bepaald (klein) bedrag is als  $P_1$  buiten het genoemde kernvlak ligt. Het „lengteverschil”  $P_1^l P_1^r$  noemt men de *horizontaalparallax* en het „breedteverschil” (niet zichtbaar in de figuur) de *verticaalparallax*. Alleen de horizontaalparallaxen dragen bij tot de stereoscopische waarneming; kleine verticaalparallaxen zijn waarneembaar, doch reeds gauw storen zij de stereoscopische waarneming, terwijl die onmogelijk wordt bij enigszins grote verticaalparallaxen.

Deze horizontaalparallax — de hoek  $\delta^l - \delta^r$  — wordt in de hersenen omgezet in iets wat wij omschrijven als een ruimtelijke indruk. Voor het ruimtelijk onderscheidingsvermogen is het van groot belang, dat de mens in staat is zeer kleine parallaxen in een ruimtelijke indruk om te zetten; de minimum waarneembare horizontaalparallax varieert voor verschillende waarnemers en ligt tussen 30'' en 10''. Hierbij wordt opgemerkt dat 2 voorwerpen bij monoclair zien, gescheiden worden waargenomen als het richtingsverschil ongeveer 70'' is.

De grootste afstand, waarop langs stereoscopische weg (natuurlijk stereoscopisch zien) een afstand(diepte-)verschil kan worden waargenomen, is dus bepaald door een minimum waarde van  $\gamma'$  ten bedrage van de genoemde 30'' à 10'', hetgeen bij een oogbasis van 65 mm overeenkomt met  $d = \frac{1}{2} b \cotg \frac{1}{2} \gamma'$ , dat is resp. 450 en 1350 meter.

## 13.2.3 Kunstmatig stereoscopisch zien

Uit de beschrijving in par. 13.2.2 is gebleken, dat ieder der beide ogen afzonderlijk slechts in staat is richtingsverschillen te constateren, en dat de ruimtelijke indruk ontstaat uit een interpretatie van de verschillen in richtingen, zijnde de horizontaalparallaxen. Het is dan ook mogelijk deze ruimtelijke indruk te voorschijn te roepen met behulp van getekende of fotografische beelden, welke voor ieder oog de beelden (dus richtingen) bieden, welke bij normale binoculaire beschouwing van het voorwerp zouden optreden.

In het geval van fig. 13.10 kan men zich b.v. voorstellen, dat de beide ooglenzen vervangen zijn door 2 objectieven van twee camera's; iedere foto geeft dan een beeld, zoals dat anders ontstaan zou zijn op de beide netvliezen. Het is daarbij niet noodzakelijk, dat de beide camera-assen gericht zijn op het punt P of  $P_1$ , aangezien het slechts gaat om de richtingsverschillen; bij het oog moeten de assen wel gericht worden, omdat de lichtindruk nabij de oogas (gele vlek) tot stand moet komen.

Voor de foto's (of tekeningen) is het essentieel, dat zij zodanig vervaardigd

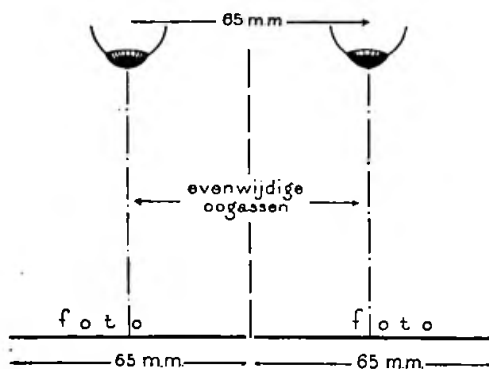


Fig. 13.11

zijn, dat de horizontaalparallaxen op dezelfde wijze kunnen worden waargenomen als bij binoculair zien het geval zou zijn; dit betekent, dat essentieel is het behoud van de hoekjes  $\delta^l$  en  $\delta^r$ , omdat het verschil daarvan de horizontaalparallax bepaalt, doch niet essentieel is het behoud van de richtingen  $L^lP$  en  $L^rP$  uit fig. 13.10.

Indien men nu de beide — op 65 mm onderlinge afstand genomen — foto's neerlegt, zoals in fig. 13.11 is weergegeven, en die bekijkt met evenwijdige oogassen, dan is aan de horizontaalparallaxen niets veranderd, en dus ook niet aan het stereoscopisch effect.

Het op deze wijze bekijken van 2 foto's is echter niet eenvoudig, omdat hier de eis gesteld wordt van (nagenoeg) evenwijdige oogassen en tegelijkertijd accomoderen op de betrekkelijk korte afstand, waarop men de foto's moet neerleggen, om de details met voldoende duidelijkheid te kunnen waarnemen; de natuurlijke combinatie, waarop de mens is ingesteld, is namelijk accomodatie op oneindig bij evenwijdige oogassen, of convergerende oogassen bij accomodatie op dichtbij.

In het algemeen lukt het dan ook slechts aan jonge personen om zich los te maken van deze automatische koppeling van oogasrichting en accomodatie, waardoor het hen meestal wel lukt een ruimtelijke indruk te krijgen van 2 dergelijke foto's. Als hulpmiddel om de oogassen naar evenwijdig te dwingen, wordt wel gebruik gemaakt van een tussenschot, zoals in fig. 13.11 met een onderbroken lijn is aangegeven.

De bovengenoemde moeilijkheden worden geheel ontgaan door de foto's of tekeningen te beschouwen door een *stereoscopische loupe* (fig. 13.12). Men beschouwt daarbij de beide foto's door 2 lenzen, waardoor parallelle lichtbundels in de ogen vallen, zodat de accomodatie kan plaats hebben op oneindig en er zodoende geen moeilijkheid ontstaat bij de evenwijdige oogassen.

Met of zonder stereoscopische loupe is het slechts mogelijk foto's of tekeningen te beschouwen van een maximale afmeting, gelijk aan de oogbasis van normaal 65 mm; immers, divergentie van de oogassen is niet mogelijk: identieke punten op de beide foto's kunnen zodoende nooit meer dan de oogbasis uit elkaar liggen (zie voor deze maximale fotoafmeting ook fig. 13.11). Foto's van grotere afmeting kunnen echter beschouwd worden in de in par. 2.44 genoemde klapspiegelstereoscoop, waarin de stralengang gebroken wordt (zie ook fig. 13.13 met de in par. 2.44 genoemde stereometer).

Van recente datum is een door prof. Roelofs te Delft uitgevonden stereoscoop, welke — naast andere voordelen — gelijktijdige waarneming van beeldparen van groot formaat door 2 personen mogelijk maakt.

Aan stereoscopisch zien worden in wezen 2 eisen gesteld:

1. Ieder der beide ogen moet praktisch gelijktijdig en gescheiden een beeld waarnemen; de beelden moeten horizontaal-parallax vertonen, m.a.w. zij moeten zijn ontstaan door beschouwing (of fotografie) van eenzelfde object vanuit 2 verschillende standplaatsen (met behulp van 2 congruente beelden kan men dus nooit een ruimtelijke voorstelling te voorschijn roepen).
2. De azimuths naar identieke beeldpunten moeten elkaar in de ruimte (althans bij benadering) snijden. (Dit in verband met de ontoelaatbaarheid van enigszins grote verticaalparallaxen en met de onmogelijkheid van divergerende oogassen.)

De foto's behoeven echter niet noodzakelijkerwijze op een onderlinge afstand, gelijk aan de oogbasis genomen te worden. In vele gevallen kan men n.l. aan de voor stereoscopie te stellen eisen voldoen, ook als de basis veel groter genomen wordt. Dit wordt geïllustreerd door het voorbeeld van fig. 13.14. Daarin is p een waarnemer met oogbasis 65 mm op 20 meter boven een terrein T. Een andere waarnemer q op 4000 meter hoogte zou, om hetzelfde stereoscopisch effect waar te nemen (gelijke parallaxen), een reus moeten zijn met een oogbasis van  $\frac{4000}{20} \times 65 \text{ mm} = 13 \text{ m}$ .

Het op 20 meter hoogte binoculair waargenomen stereoscopisch effect zou men dus

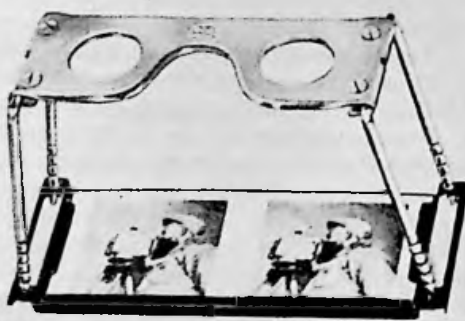


Fig. 13.12

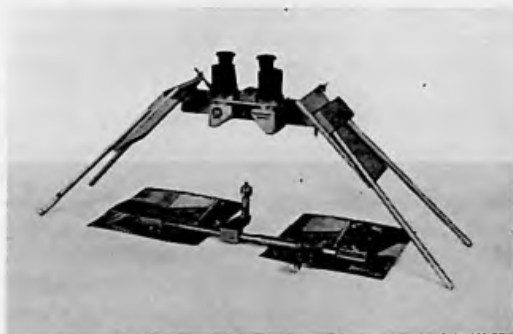


Fig. 13.13

ook te voorschijn kunnen roepen door op 4000 meter 2 foto's — b.v. met ongeveer verticale camera-as — te nemen op 13 meter onderlinge afstand en die foto's in een stereoscoop te bekijken.

Neemt men de fotobasis op 4000 m hoogte nog groter, b.v. 1300 m, dan wordt bij het bekijken daarvan een stereoscopisch effect bereikt, als binoculair gezien zou worden op 20 centimeter boven het terrein.

In het vergroten van de fotobasis heeft men dus een middel om een zeer sterk stereoscopisch effect te voorschijn te roepen.

Met behulp van de stereoscopische loupe of van de klapstereoscoop is het mogelijk aan één van de voorwaarden voor stereoscopisch zien — n.l. het gescheiden aan ieder der beide ogen aanbieden van een beeld — te voldoen. Er bestaan echter ook nog andere methoden om aan deze eis van „beeldscheiding” te voldoen. Als eerste daarvan wordt genoemd het *anaglyphenprocédé*, hetwelk voor het eerst door

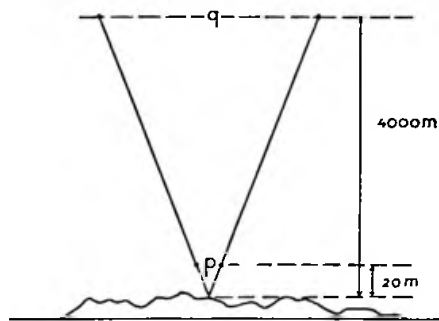


Fig. 13.14

Rollman (1853) en d'Almeida (1858) werd aangegeven. De beide tekeningen of foto's ontstaan op de normale wijze door het object te tekenen of fotograferen vanuit 2 verschillende standplaatsen (fig. 13.14). De beelden worden echter niet naast elkaar gelegd, doch over elkaar heen getekend, gedrukt (Rollman) of op een scherm geprojecteerd (d'Almeida), hetgeen geschiedt in complementaire kleuren, waarvoor meestal rood en groen worden gebruikt. De beelden worden nu bekeken door een bril met glazen in dezelfde complemen-

taire kleuren. Voor het met het rode glas gewapende oog verdwijnt het rode beeld en wordt het groene beeld als zwart gezien; voor het met het groene glas gewapende oog verdwijnt het groene beeld en wordt het rode beeld als zwart gezien.

Op deze wijze wordt dus bereikt, dat aan ieder oog een afzonderlijk beeld wordt aangeboden. Keert men de bril om (rood en groen verwisselen), dan ziet het linkeroog het voor het rechteroog bestemde beeld en omgekeerd, waardoor het stereoscopisch effect wordt omgekeerd, hetgeen men aanduidt als *pseudoeffect*.

Deze methode van stereoscopisch zien kan ook benut worden door personen, welke aan kleurenblindheid leiden; het gaat hier namelijk niet om het waarnemen van de kleur, doch om het uitdoven van complementaire kleuren.

Het bestuderen van anaglyphenbeelden is op den duur vermoeiend; de oorzaak daarvan schijnt te zijn het sterke kleurencontrast, waardoor de uitdoving van de kleuren na enige tijd niet meer volledig wordt waargenomen en men gekleurde randen aan de beelden gaat zien.

Als tweede methode wordt genoemd het gebruik van polarisatiefilters met bijbehorende polarisatiebrillen. Deze methode wordt bij Hydrografie nog niet gebruikt en daarom niet nader beschreven; zij heeft echter grote voordelen, ook voor kleurenfotografie.

Een derde methode — welke evenmin bij Hydrografie wordt gebruikt en daarom slechts terloops genoemd wordt — is die met wisseluiters. Deze methode maakt

gebruik van de traagheid van het menselijk oog. Twee normale stereofoto's bekijkt men daarbij door een bril, voorzien van 2 sluiters, welke om beurten open en dicht gaan met een periode van 35 tot 50 maal per seconde. De beide beelden worden hier dus *nagenoeg* gelijktijdig afzonderlijk aan ieder oog aangeboden, doch door de traagheid waarmede het oog reageert, ontstaat de indruk, alsof het gelijktijdig geschiedt.

In het bovenstaande is in grote trekken de gebruikelijke verklaring gegeven van de stereoscopische waarneming. Een interessante doch belangrijk afwijkende theorie wordt door von Freytag Drabbe, Directeur Nederlandse Topografische Dienst, gegeven in het tijdschrift *Photogrammetria*, jaargang 1951—1952, no. IV.

#### 13.2.4 Stereoscopisch meten

In par. 13.2.3 is het kunstmatig stereoscopisch zien beschreven. De beschouwing van een stereofotopaar geeft — doordat een ruimtelijk beeld gezien wordt — een uitgebreide hoeveelheid informatie omtrent het beschouwde object of terrein.

In de hydrografische practijk zal men *nagenoeg* steeds met luchtfoto's te maken hebben en — zoals in het voorgaande is beschreven — tengevolge van de grote opnamebasis, zal het stereoscopisch effect (hoogten en diepten) steeds sterk overdreven zijn; daardoor ziet men in het ruimtelijk beeld bergen te hoog en berghellingen te steil. Wil men het waargenomen ruimtelijk beeld uitmeten, dus in absolute maten uitdrukken, dan moet men die hoogten en diepten *meten*.

Bij meetmethoden wordt steeds gebruik gemaakt van vergrotende kijkers op het objectief van de stereoscoop (betere onderscheiding van details in de foto's). Men kan in die kijkers een vaste schaal inbouwen, welke gelijktijdig gezien wordt en in de voorwerpsruimte schijnt te zweven. Men kan daardoor beoordelen met welke verdeling van de schaal een bepaald terreinpunt schijnt samen te vallen, of bij niet samenvallen kan geschat worden tussen twee schaalverdelingen. Deze methode wordt veel toegepast in stereoscopische afstandmeters.

Voor de in par. 13.3 te noemen fotogrammetrische instrumenten wordt steeds gebruik gemaakt van een beweegbaar *meetmerk*. Een enigszins verouderde uitvoering, welke echter nog steeds in meetstereoscopen van Barr & Stroud wordt toegepast, bestaat uit 2 op glasplaten gegraveerde ruitennetten, welke platen op de beide foto's worden gelegd; de beide foto's zijn daarbij te voren zodanig t.o.v. elkaar georiënteerd, dat in de stereoscoop een ruimtelijk beeld gezien wordt. De beide foto's worden in een onveranderlijke positie vastgeklemd, evenals één der beide (doorzichtige) glasplaten. Door de stereoscoop ziet men nu een ruimtelijk beeld van het terrein plus een ruimtelijk beeld van de beide ruitennetten, welk laatste beeld in de ruimte schijnt te zweven. Door micrometrische verschuiving van de tweede glasplaat, kan men dit ruimtelijke ruitennet schijnbaar in de ruimte op en neer bewegen. Men kan dit b.v. zolang doen tot het ruitennet op het niveau van de zeespiegel schijnt te rusten en het daarna door verschuiving van de tweede glasplaat schijnbaar doen samenvallen met een bergtop. De op een schaalverdeling afgelezen verschuiving van de glasplaat is kennelijk een maatstaf voor de hoogte van de bergtop boven zeeniveau en het is slechts een kwestie van ijking, om die berghoogte uit te drukken in meters.

Bij *nagenoeg* alle andere stereoscopische meetapparaten wordt gebruik gemaakt van lichtende kruizen of stippen, welke in het gezichtsveld van de stereoscoop worden ingespiegeld. Ook bij deze uitvoering kan één merk t.o.v. het andere vaste merk

verschoven worden, zodat behalve het ruimtelijk beeld van het terrein, één lichtend kruis of stip stereoscopisch gezien wordt en naar believen door verschuiving tot samenvallen gebracht kan worden met ieder gewenst punt van het terrein. De verschuiving wordt dan weer op een schaal afgelezen, welke b.v. in meters is geijkt.

De meetnauwkeurigheid van beide methoden is zeer groot, doch het grootst voor de laatstgenoemde, omdat een stip met grotere nauwkeurigheid met het stereo-beeld van het terrein tot samenvallen kan worden gebracht dan een ruitennet.

Gewezen wordt hier nog op de mogelijkheid om op deze wijze hoogtelijnen te tekenen. Men laat daartoe de stip (of snijpunt van het ruitennet) samenvallen met een willekeurig punt van het terrein en volgt dan — door bewegen van het fotopaar óf van het meetmerk — in het ruimtelijk model een lijn van gelijke hoogte door het meetmerk steeds tot samenvallen te houden met het (schijnbare) terrein. Aan het meetmerk kan men dan een inrichting verbinden welke de gemaakte bewegingen registreert op een blad papier en zodoende een hoogtelijn tekent.

De uiteindelijke nauwkeurigheid van uit stereofoto's samengestelde kaarten is afhankelijk van talrijke factoren; het volgende tabelletje geeft enigszins een indruk van nauwkeurigheid, welke in de practijk bereikt werd.

| Kaartschaal | Fotoschaal | Vlieghoogte | Hoogtefout | Fout in hor. ligging |
|-------------|------------|-------------|------------|----------------------|
| 1 : 1000    | 1 : 3500   | 700 m       | 0.20 m     | 0.3 m                |
| 1 : 25000   | 1 : 20000  | 4000 m      | 1.20 m     | 4,0 m                |

### 13.3 Het reconstrueren van objecten uit foto's

#### 13.3.1 Inleiding

In het onderstaande zal nagenoeg uitsluitend gesproken worden over het reconstrueren (kaarteren) van een terrein uit luchtfoto's. De verdere toepassingen, zoals het kaarteren van terrestrische objecten — gebouwen, verkeerssituaties, e.d. — uit terrestrisch of uit de lucht genomen foto's, berusten op dezelfde beginselen, doch aangezien dit geen hydrografische toepassing vindt, wordt volstaan met de enkele vermelding van de mogelijkheden in die richting.

Reeds in par. 13.1.3 is er op gewezen, dat onderscheid gemaakt moet worden tussen de *enkelbeeld-* en de *beeldenpaarfotogrammetrie*.

Bij het gebruik van een enkele foto kan uiteraard nimmer een ruimtelijk beeld geproduceerd worden, waaruit volgt, dat uit een enkele foto alleen de horizontale situatie van het terrein kan getekend worden. Om dit uittekenen van de horizontale foto mogelijk te maken, moet echter nog aan bepaalde voorwaarden voldaan worden. Deze voorwaarden zijn, dat het terrein geheel vlak moet zijn en dat bovendien het vlak van de fotografische plaat evenwijdig moet zijn met dat van het terrein.

Luchtfoto's zullen in het algemeen niet voldoen aan de tweede voorwaarde, doch met behulp van de in par. 13.3.2 genoemde ontschrankingsmethode kunnen in bepaalde gevallen luchtfoto's omgewerkt worden tot nieuwe foto's, welke wel aan die voorwaarde voldoen of althans aan de voorwaarde dat het vlak van de ontschrانkte foto evenwijdig is aan een bepaald in het terrein bekend vlak.

Uit ontschrانkte fotoparen, welke aan de voorwaarde voldoen, dat het in de voorgaande alinea laatstgenoemde vlak tevens een niveauvlak is, kan met behulp van de in par. 13.3.3 te noemen methoden de horizontale situatie getekend worden,

ook in de gevallen dat het terrein niet vlak is. Laatstgenoemde methoden kunnen echter ook nog met voldoende nauwkeurigheid worden toegepast als aan bovenstaande voorwaarden slechts bij benadering is voldaan.

In de ondervolgende beschouwingen zal worden uitgegaan van het gebruik van luchtfoto's, welke volledig aan de te stellen voorwaarden voldoen. Het effect van kleine afwijkingen van de ideale situatie kan uiteraard in formules worden uitgedrukt en in rekening gebracht. Dit valt echter buiten het gebied van de hydrografische toepassingen; het is echter wel noodzakelijk, dat de hydrografische opnemer zich ervan bewust is, dat een luchtfoto van een terrein slechts onder zeer bepaalde omstandigheden een afbeelding op schaal is van dat terrein.

In de ruimtelijke beeldenpaarfotogrammetrie daarentegen, maakt men gebruik van paren van foto's, welke elkaar ten dele overlappen en waaruit met behulp van stereoscopische metingen een ruimtelijke tekening kan worden gemaakt. Beschikt men tevens over de kennis van de horizontale en verticale ligging van een aantal punten in het terrein, dan kan dit ruimtelijke model zodanig georiënteerd worden, dat in de tekening zowel horizontale als verticale coördinaten worden verkregen.

De hiervoor nodige toestellen worden genoemd in par. 13.3.4. De bediening daarvan, zowel als de daarmee uit te voeren kaartering, eist zeer speciale vakkennis.

Geen enkele der in par. 13.3 te noemen methoden vindt daadwerkelijke toepassing bij Hydrografie. Het wordt echter noodzakelijk geacht, dat de hydrografische opnemer bekend is met de mogelijkheden, welke op dit gebied bestaan. In verband daarmee worden de methoden en instrumenten slechts zeer summier behandeld.

### 13.3.2 Ontschanking van luchtfoto's

De transformatieformules 13.1.3b geven het verband tussen punten in een vlak terrein en de corresponderende punten op de (vlakke) fotografische plaat. Zoals daar ter plaatse reeds is opgemerkt, wordt deze zuiver analytische methode zelden gebruikt. Regel is het gebruik van een optisch-mechanische oplossing van het probleem met behulp van een *ontschankingstoestel* (met een minder juist woord ook veelal onthoekingstoestel genoemd); fig. 13.15 is een afbeelding van een dergelijk toestel, vervaardigd door de firma Zeiss; soortgelijke toestellen worden ook vervaardigd door de firma de Koningh in Arnhem. Het gebruik van het toestel is als volgt:

Op een luchtfotonegatief van een vlak terrein worden (minstens) 4 punten — zie formule 13.1.3.b — doorgeprikt, waarvan de coördinaten X en Y in het terrein bekend zijn; dit negatief wordt ingeschoven ter plaatse van de grote ring in fig. 13.15. Op de vlakke tafel in het onderste deel van het toestel wordt nu een blad papier vastgemaakt, waarop de 4 punten in coördinaten op de gewenste schaal zijn geкартеerd.

In het bovenste deel van het toestel bevindt zich een verlichtingsinstallatie, waarmee de 4 op het negatief doorgeprikte punten via een objectief worden doorgeleucht op het vlak van het papier.

Door draaien, kantelen en verschuiven van het kaartvlak kunnen nu de 4 lichtpunten tot samenvallen gebracht worden met de 4 op het papier geкартеerde punten. Het toestel is zodanig geconstrueerd, dat ondanks alle bewegingen van de tafel, de scherpstelling van het objectief automatisch behouden blijft.

Indien de coïncidentie eenmaal bereikt is, wordt de tafel vastgeklemd, het blad papier verwijderd en dit laatste vervangen door een vel fotografisch papier of fotografische plaat.



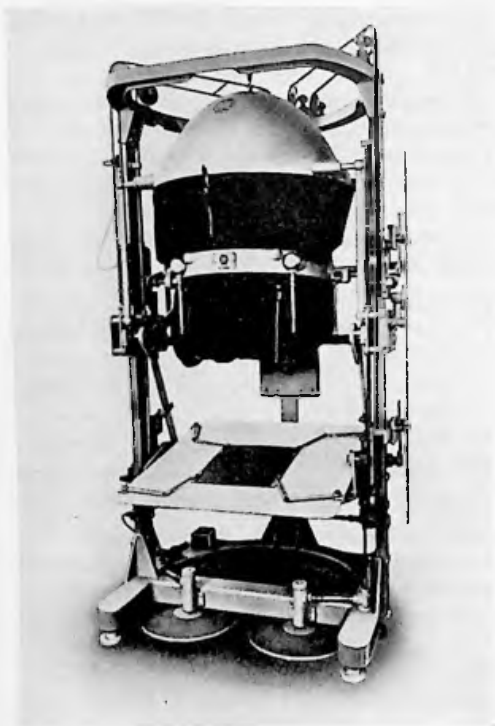


Fig. 13.15

Vervolgens wordt het oorspronkelijke negatief doorgelicht op die fotografische plaat, waarop dan op de schaal van de oorspronkelijke kaartering op het blad papier een positief ontstaat, dat geheel identiek is met een foto, zoals die ontstaan zou zijn bij een luchtopname met fotografische plaat evenwijdig aan het terrein.

De nauwkeurigheid waarmee een geoefend persoon de coincidentie van de 4 punten tot stand kan brengen is van de orde van 0,1 mm; hierbij wordt opgemerkt, dat de in een kaart bereikbare tekennauwkeurigheid algemeen gesteld wordt op 0,2 mm.

Indien de oorspronkelijke lucht-foto genomen is van een niet vlak terrein, dan kan hetzelfde procédé van ontschrinking worden toegepast. Dit is dan echter alleen mogelijk als de 4 gekozen *paspunten* alle in hetzelfde vlak liggen, terwijl het ontschrante resultaat dan geldt voor het vlak gaande door die 4 punten. In de praktijk is het in sommige gevallen mogelijk de vier punten te

kiezen in een horizontaal vlak en in dat geval is de ontschrante foto van ge-accidenteerd terrein geheel gelijkwaardig met die van een vlak terrein.

### 13.3.3 Foto- of radiaaltriangulatie en slotted-templet methode

Bij deze methode wordt gebruik gemaakt van systematisch gevlogen *fotostroken* of *foruns*, waarin de opeenvolgende foto's elkaar voor ongeveer 60% overlappen. In de thans volgende beschrijving van de methode wordt vooreerst verondersteld, dat gewerkt wordt met ontschrante foto's van een zuiver vlak en horizontaal terrein. In fig. 13.16 zijn 3 opeenvolgende foto's uit een dergelijke strook getekend, welke elkaar echter in werkelijkheid 60% overlappen in de vliegrichting. De hoofdpunten H — in het veronderstelde geval tevens nadirpunten — kunnen in iedere foto gevonden en ingeprikt worden met behulp van de op de foto afgebeelde randmerken. Op de linker foto wordt tevens het hoofdpunt van de middelste foto ingeprikt; dit tweede hoofdpunt komt op de linker foto voor vanwege de 60% langsoverlap. Het inprikken kan geschieden op het oog t.o.v. identieke punten, doch geschiedt nauwkeuriger (0,1 mm) met behulp van stereoscopisch *overdragen* van het hoofdpunt van de middelste foto naar de linker. Vervolgens kiest men ongeveer dwars van  $H_1$  twee *paspunten*  $a_1$  en  $b_1$ , beide zodanig dat zij komen te liggen in de

dwarsoverlap van de naastliggende vliegstroken; voor die punten wordt de eis gesteld, dat zij duidelijk te identificeren zijn; het kunnen zowel zijn hoeken van daken van huizen, als een boomtak of enig ander op de foto duidelijk zichtbaar object. Deze punten  $a_1$  en  $b_1$  worden weer stereoscopisch overgedragen op de middelste foto, waarop ook het hoofdpunt van de rechter (3e) foto is overgedragen.

Op deze wijze gaat men voort over de gehele lengte van de fotostrook.

Legt men de foto's nu neer in hun oorspronkelijke overlappende positie, en denkt men alle punten door lijnen verbonden, dan ontstaat een *ruitenketting*, waarvan een gedeelte in de onderste helft van fig. 13.16 is weergegeven.

Men kan nu — in principe met een gradenboog — in alle nadirpunten  $H$  de richtingen meten naar alle overige punten in de ruitenketting. In het veronderstelde geval van fotovlak evenwijdig aan vlak en horizontaal terrein, zijn alle in  $H$  uit gemeten richtingen afgeleide hoeken volkomen identiek met de hoeken, welke b.v. met theodoliet in het nadirpunt (d.w.z. in het terrein) gemeten zouden zijn naar de identieke terreinpunten.

Indien men nu in de ruitenketting de coördinaten van de eerste 2 punten  $H_1$  en  $H_2$  kent en bovendien alle hoeken in de opeenvolgende punten  $H$ , dan kan de gehele ketting *doorgerekend* worden, waaruit de coördinaten gevonden worden van alle punten  $H$  en van alle paspunten  $a$  en  $b$ .

Het is bij deze methode niet noodzakelijk, dat hoofd- en paspunten een elevatie nul hebben. Immers, men meet slechts richtingen (azimuths) vanuit  $H$ , waarop de hoogte van de punten van geen invloed is. Vereist is echter wel, dat men in het nadirpunt meet, omdat anders de hoeken in het terrein en die in de foto niet meer identiek zijn.

Het is duidelijk, dat men op deze wijze — zonder het terrein te betreden — op de foto's een triangulatie uitvoert, welke geheel identiek is aan die, welke men met theodoliet in het terrein zou kunnen uitvoeren; bij metingen in het terrein zou men echter bovendien veel kapwerk moeten verrichten om de talrijke punten onderling zichtbaar te maken.

Het is ook mogelijk de ruitenketting door te rekenen met z.g. voorlopige coördinaten; voor de eerste basis  $H_1H_2$  neemt men daarbij een geschatte afstand aan en een azimuth van  $0^\circ$ . De in voorlopige coördinaten verkregen punten  $H$  en het laatste punt  $H$  kan men daarna b.v. met een gelijkvormigheidsaansluiting aansluiten aan definitieve coördinaten van die eindpunten, waarna de transformatieformules

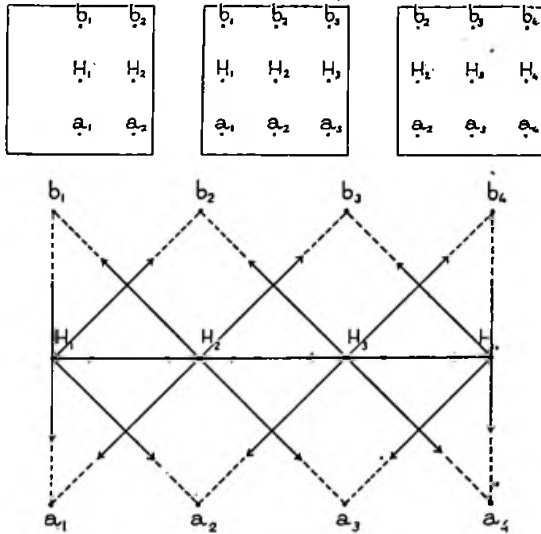


Fig. 13.16

kunnen worden opgesteld om alle overige punten in definitieve coördinaten te transformeren.

Op soortgelijke wijze kunnen naastliggende vliegstroken worden bewerkt en het geheel tot één *blok* worden aaneengesloten.

De genoemde methode van hoekmeting in de punten H met een gradenboog zou een zeer ruwe zijn en door accumulatie van fouten zou de nauwkeurigheid snel dalen. Men meet daarom de richtingen (hoeken) met een speciaal daarvoor vervaardigde *radiaaltriangulator*, waarmee de richtingen zeer nauwkeurig kunnen worden gemeten. Men maakt daarbij gebruik van stereoscopie, echter alleen teneinde een zuiverder identificatie van de hoofd- en paspunten te kunnen bereiken. Hoogten kunnen met dit instrument niet worden gemeten, en de methode is dus alleen in staat om de horizontale ligging van punten — de *situatie* — te geven, iets wat voor velerlei toepassingen voldoende is.

Het zal duidelijk zijn, dat de beschikbare foto's niet altijd aan de gestelde voorwaarden zullen voldoen, terwijl in onbekend terrein veelal de terrestrische gegevens zullen ontbreken om iedere foto te ontschraken. Het zal aan de andere kant echter ook duidelijk zijn, mede in verband met een beschouwing van fig. 13.8, dat een *kleine* helling van de camera-as slechts resulteert in een klein verschil tussen H en N en dat een *kleine* excentriciteit van de plaats waar de hoeken gemeten worden, ook slechts een geringe invloed zal hebben op het resultaat. In de praktijk is het dan ook veelal mogelijk de afwijkingen uit de verticaal zó klein te houden, dat de methode van radiaaltriangulatie met succes kan worden toegepast. De methode heeft het voordeel dat zij uitgevoerd kan worden met betrekkelijk eenvoudige en weinig kostbare instrumenten. In het vlakke Westelijke deel van Nederland wordt zij zeer veelvuldig toegepast. Vanwege de daar vereiste grote nauwkeurigheid gebruikt men om de 2 of 3 foto's een terrestrisch contrôlepunt ter beperking van de accumulatie van fouten. Op Nieuw Guinee, waar de nauwkeurigheidseisen veel lager liggen, werden met succes stroken van 100 km overbrugd zonder enig terrestrisch „houvast”.

De bovenbeschreven radiaalmethode kan uiteraard ook langs grafische weg uitgevoerd worden, zuiver door constructie van de ruitketting. Deze methode is echter zeer onnauwkeurig en wordt daarom weinig toegepast.

Een daarentegen veel toegepaste methode is de Amerikaanse grafisch-mechanische „*slotted-templet*” methode (in sommige publicaties „*slotted-template*” geheten). Er zijn verschillende uitvoeringen, waarvan genoemd wordt de methode, welke doet denken aan een meccanobouwdoos. De richtingen van uit H worden voorgesteld door stalen armen met een gleuf (slot) in het midden; alle punten H, a en b worden voorgesteld door pennen, welke nauwkeurig in de gleuven passen. Een op deze wijze voorgesteld ruitennet of een geheel blok van dergelijke zijdelings aan elkaar gekoppelde kettingen zal een zekere elasticiteit hebben, waardoor men het geheel betrekkelijk gemakkelijk kan dwingen tussen b.v. 4 gegeven hoekpunten. Hiermede bereikt men een soort vereffening over het gehele veld van punten; deze vereffening is uit een foutentheoretisch oogpunt uiteraard te veroordelen, doch uit een zuiver praktisch oogpunt is zij door haar eenvoud en overzichtelijkheid zeer aan te bevelen voor die gevallen, waarin geen hoge nauwkeurigheid wordt verlangd.

Daar het een grafisch-mechanische vorm van radiaaltriangulatie is, gelden ten aanzien van de aan de foto's te stellen eisen dezelfde normen als bij de radiaaltriangulatie zijn genoemd.

## 13.3.4 Ruimtelijke beeldenpaarfotogrammetrie

Het beginsel van de ruimtelijke beeldenpaarfotogrammetrie kan verklaard worden m.b.v. fig. 13.17. Daarin is een terrein getekend, dat op een bepaalde hoogte achtereenvolgens gefotografeerd is in de standplaatsen I en II; de beelden komen daarbij tot stand, zoals voor de punten A (punt op zeeniveau), B en C is aangegeven. Het terreingedeelte tussen D en E komt daarbij op beide foto's voor en kan dus gebruikt worden voor stereoscopische beschouwing.

Voor de ruimtelijke uitwerking van die 2 foto's gebruikt men nu twee *projectiecamera's* met precies gelijke beeldafstand als de opnamecamera. Men legt daarin glasdiapositieven van de oorspronkelijke negatieven en plaatst daarboven een lichtbron. De basis tussen de beide projectoren kiest men b.v. 1

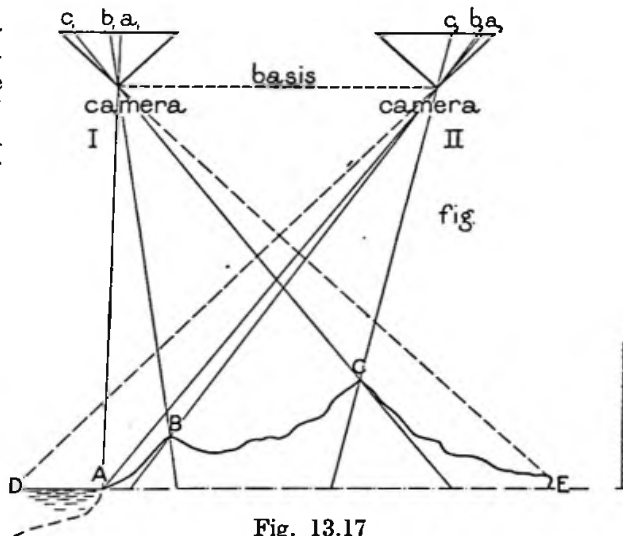


Fig. 13.17

meter. Als men nu de beide projectoren precies dezelfde stand in de ruimte geeft als de opnamecamera resp. I en II gehad heeft, dan zal bij een fotobasis van b.v. 1000 meter, een t.o.v. de werkelijkheid  $1000 \times$  verkleind model ontstaan op een afstand  $1000 \times$  kleiner dan de vlieghoogte, omdat de oorspronkelijke stralengang, welke de foto deed ontstaan, nu omgekeerd is en het gehele procédé gereconstrueerd is op een  $1000 \times$  kleinere schaal.

De moeilijkheid is hier gelegen in het reconstrueren van de oorspronkelijke oriënteringen van de opname-camera, omdat deze slechts bij benadering bekend zijn (hier blijkt het nut van horizon-opnamen in twee onderlinge richtingen). Indien echter van ten minste 5 punten in het terrein tussen D en E de terrestrische coördinaten  $x'$ ,  $y'$ ,  $z'$  bekend zijn (zie formule 13.1.3a), dan is reconstructie van de ruimtelijke stand van de beide camera's mogelijk door de corresponderende stralen in de betreffende punten te doen snijden. In beginsel kan men daartoe die 5 terrestrische punten op een tafel met blad papier op de gewenste schaal kaarteren en de  $z'$ -coördinaten voorstellen door zuiltjes; met uitzondering van de zuiltjes doet deze methode denken aan die van de ontschranking. Zodra deze oriëntering voor de 5 punten tot stand is gebracht, is het gehele ruimtelijke model tussen D en E absoluut georiënteerd, d.w.z. georiënteerd zowel in schaal en azimuth (de 5 punten zijn in het definitieve coördinatensysteem op schaal geкарteerd), als in ligging t.o.v. het voor de  $z'$  aangenomen nulvlak.

Een volgende opname no. III kan men nu oriënteren t.o.v. II. Men laat daartoe de projectiecamera II onveranderd staan en kantelt, schuift en draait no. III zolang,

tot in minstens 5 punten van het ruimtelijk model II-III snijding van stralen optreedt. Dit oriënteren van III t.o.v. II geschiedt door systematisch proberen; de 5 punten in het model II-III kunnen daarbij — afgezien van enkele niet strikte eisen t.o.v. hun geometrische onderlinge ligging — geheel willekeurig zijn en behoeven niet terrestrisch bekend te zijn. De enige eis is, dat zij duidelijk identificeerbaar zijn op de foto. Men kan dit proces uiteraard voortzetten in een lange reeks foto's, eveneens zonder dat nieuwe terrestrische punten bekend behoeven te zijn. Men spreekt in dat geval van *ruimtelijke aerotriangulatie*.

Het geval kan zich uiteraard voordoen, dat in het model I-II geen terrestrische punten bekend zijn. Men kan dan de beide projectoren ten opzichte van elkaar *relatief oriënteren*, door de snijding van corresponderende stralenbundels d.m.v. systematisch proberen, tot stand te brengen voor 5 willekeurige punten. Het aldus verkregen ruimtelijk model hangt een onbekend bedrag „scheef” t.o.v. het niveauvlak, en schaal en azimuth zijn onbekend. Op dit eerste model kan men nu verder *trianguleren* tot men ergens in een later model op een punt komt, waar wel de vereiste terrestrische gegevens beschikbaar zijn. Door berekening kan men dan de gehele reeks relatieve modellen herleiden tot absolute.

Het enige bezwaar tegen deze voortgezette ruimtelijke aerotriangulatie is, dat de onvermijdelijke kleine fouten zich gaan ophopen. De afstand — of liever het aantal modellen — waarover men haar kan uitvoeren, is dan ook afhankelijk van de uiteindelijk te stellen nauwkeurigheidseisen. Voor sommige doeleinden *overbrugt* men slechts enkele modellen; bij de luchtkartering van Nieuw Guinee werden tot 70 modellen met toelaatbare fouten overbrugd zonder van tussenliggende terrestrische punten gebruik te maken.

Voor het uitvoeren van deze methode van triangulatie heeft men een zekere apparatuur nodig; de eenvoudigste daarvan is de in fig. 13.18 afgebeelde *multiplex*.

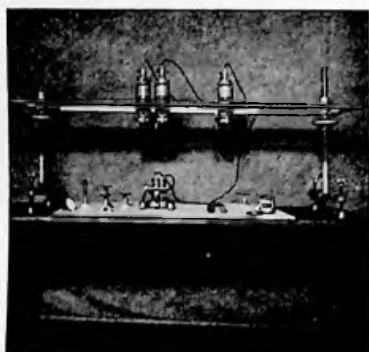


Fig. 13.18

In de *multiplex* worden verkleinde diaposities gebruikt, doch dit doet aan het principe niet af; men heeft dit gedaan, om de projectiecamera klein te kunnen houden en zodoende de basis in de projector klein en dientengevolge de afmetingen van het geheel klein.

In fig. 13.18 zijn 3 projectoren gemonteerd op een horizontale balk, welke de algemene vliegrichting voorstelt. De projectoren kunnen t.o.v. die balk in 3 onderling loodrechte richtingen verschoven worden, corresponderende met de afwijkingen in x, y en z richting t.o.v. de algemene vliegrichting. Bovendien kan iedere projector in 3 onderling loodrechte richtingen gedraaid worden, corresponderende met de langsen dwarshellingen van de opname-camera-as en

de azimuthale richting van het randmerkenstelsel t.o.v. de algemene vliegrichting (de balk).

Men heeft zodoende de mogelijkheid de boven beschreven absolute of relatieve oriëntering tot stand te brengen.

Zijn de projectoren eenmaal op de juiste wijze georiënteerd, dan ontstaat een ruimtelijk model van het type, zoals in fig. 13.17 is getekend. Dit ruimtelijke model

moet echter eerst zichtbaar gemaakt worden om die oriëntering tot stand te kunnen brengen. Dit geschiedt bij de multiplex op de volgende wijze. De projectoren worden voorzien van filters in complementaire kleuren (meestal rood en groen) en de waarnemer bekijkt het model door een bril in dezelfde kleuren (anaglyphen-principe). De beide beelden worden nu geprojecteerd op een vlakke tafel, voorzien van een blad tekenpapier, waarop de 5 terrestrische punten zijn geëquipeerd; de  $z'$  coördinaat wordt daarbij voorgesteld door de zuiltjes — waarvan de hoogte gevarieerd kan worden — welke in fig. 13.18 zichtbaar zijn links op de tekenafel. De oriëntering (absoluut) geschiedt nu door de beide projectoren systematisch zodanig te schuiven, te draaien en te kantelen, tot de snijding van corresponderende stralenbundels in alle 5 punten wordt waargenomen. Hierbij wordt opgemerkt, dat men de stralen als zodanig niet ziet, d.w.z. niet in de zin zoals zij in fig. 13.17 als lijnen zijn getekend. Indien men echter constateert, dat in alle 5 punten — rekening houdende met de hoogte van de zuiltjes — een parallaxvrij stereoscopisch beeld wordt waargenomen, dan moeten noodzakelijkerwijze de corresponderende stralen elkaar in die 5 punten snijden.

De horizontale afstand tussen 2 projectoren zal men in het algemeen zó instellen, dat de corresponderende stralen van A (zeeniveau = nulvlak) elkaar op het niveau van de tafel snijden. Bij de in de vorige alinea beschreven absolute oriëntering is dat automatisch het geval (als tenminste de  $z'$  van de zuiltjes geldt t.o.v. dat zeeniveau). Uit fig. 13.17 blijkt, dat een verlenging van de projector-basis — bij overigens onveranderde oriëntering — betekent een dalen van het punt A t.o.v. de tekenafel. Hetzelfde effect kan uiteraard bereikt worden door de balk evenwijdig aan de tekenafel neer te schroeven. In de gevallen, waarin in het model geen kustlijn voorkomt, zal men in ieder geval zorg dragen, dat geen enkel punt van het model zal komen te liggen beneden het vlak van de tekenafel.

Na het tot stand komen van de oriëntering van het model I-II kunnen volgende modellen t.o.v. de vorige gevormd worden zonder verdere kennis van terrestrische punten.

Zodra het eerste model georiënteerd is, worden de zuiltjes weggenomen. Er bestaat nu een „foutloos” model van de combinatie I-II. In het geval, dat het gehele terrein vlak is en de hoogte van de balk of de afstand tussen de projectoren zodanig is gesteld, dat de corresponderende stralen elkaar in het vlak van de tafel snijden, kan het beeld van het gehele model door de bril worden waargenomen als liggende op de tafel; het kan dan op het blad papier uitgetekend worden. Is het model van een geaccidenteerd terrein, dan zullen een aantal stralen elkaar snijden boven het vlak van de tafel. Om dit model nu te kunnen uittekenen, maakt men gebruik van het in fig. 13.18 ongeveer midden op de tekenafel zichtbare *tekenafeltje*. Dit bestaat uit een op een voet gemonteerd vlak tafeltje, dat op en neer geschroefd kan worden tot een bedrag, dat op een verticaal — b.v. in meters verdeeld — schaalje afleesbaar is. Midden in het tafeltje is een zeer klein gaatje, waardoor licht geprojecteerd wordt; de waarnemer ziet dit lichtpuntje in de overigens donker gemaakte multiplexkamer als een zeer klein sterretje, dat in de ruimte schijnt te zweven. Men zet dit tekenafeltje nu b.v. neer ongeveer ter plaatse van de berg B in fig. 13.17 en schroeft het op totdat men de top van de berg stereoscopisch begint te zien op het witte vlak van het tafeltje. De nauwkeurige instelling op de hoogste top geschiedt nu door schuiven en op- en neerdraaien van het tafeltje, totdat men het lichtpuntje nauwkeurig ziet samenvallen met het hoogste punt in het stereomodel.

Aangezien het nulpunt van de verticale schaal van het tafeltje te voren zodanig gesteld is, dat het samenvalt met het aangenomen nulvlak (in de hierboven gemaakte veronderstelling het vlak van de tekentafel), kan de hoogte van de berg onmiddellijk worden afgelezen.

Verticaal onder het lichtpuntje bevindt zich een tekenstift, waarmee de horizontale positie van de bergtop op het tekenpapier kan worden geëquipeerd.

Op deze wijze kunnen alle gewenste punten van het model worden geëquipeerd en de daarbij behorende hoogten genoteerd. Het is uiteraard ook mogelijk hoogtelijnen te tekenen; men stelt het tekentafeltje daartoe b.v. op een hoogte van 125 meter en volgt (door schuiven van het tafeltje) met de lichtstip die punten van het ruimtelijk model, waar de stip het terrein schijnt te raken.

De nauwkeurigheid van hoogtemeting, welke met deze methode kan worden bereikt, is van vele factoren afhankelijk, waarvan als voornaamste genoemd worden schaal en kwaliteit van oorspronkelijke foto's en van het model, en geoefendheid van de waarnemer. Als voorbeeld van de mogelijkheden wordt genoemd een kaartering van een deel van het Nederlandse duingebied, waarin op deze wijze een nauwkeurigheid in de hoogtelijnen werd bereikt van beter dan  $\frac{1}{2}$  meter, iets wat — gezien de aard van een duinterrein — langs de weg van terrestrische metingen nauwelijks verwezenlijkbaar is. In het algemeen rekent men, dat een nauwkeurigheid van hoogtemeting van 1 ‰ van de vlieghoogte bereikbaar is.

De Multiplex wordt door verschillende Amerikaanse, Engelse en Duitse firma's vervaardigd. De balk kan als regel maximaal 21 projectoren bevatten, zodat een doorlopende strook van 21 modellen geprojecteerd kan worden, of anders uitgedrukt: een strook van 21 opeenvolgende foto's getrianguleerd en uitgetekend.

De multiplex is een eenvoudig en handig apparaat, doch t.a.v. de bereikbare nauwkeurigheid heeft zij zekere beperkingen. Deze zijn in hoofdzaak in de eerste plaats gelegen in het feit, dat de originele foto's eerst worden verkleind en daarna de beelden in de projectie weer vergroot, hetgeen uiteraard ten koste moet gaan van de beeldkwaliteit; een multiplex-beeld ziet men dan ook altijd enigszins „wollig” zoals het in de praktijk genoemd wordt.



Fig. 13.19

Behalve om die reden wordt in de tweede plaats de nauwkeurigheid van de identificatie van punten mede ongunstig beïnvloed door het feit, dat de waarnemingen in het model geschieden zonder optische vergroting. Als gevolg hiervan zal accumulatie van fouten bij een doorlopende aerotriangulatie met de multiplex (dus zonder verder gebruik van terrestrische punten) betrekkelijk snel leiden tot onaanvaardbare totaal fouten. De algemene mening is dan ook, dat de multiplex minder geschikt is voor het overbruggen van een groot aantal modellen, doch wel geschikt als tekeninstrument in die gevallen, waarin na enkele modellen weer terrestrische gegevens beschikbaar zijn. Een tekeninstrument, dat beter aan alle te stellen eisen voldoet, is de hierna te noemen Wild A 6.

Van het ruimtelijk model, zoals dat door de gekleurde bril gezien wordt, kan met behulp van speciale instrumenten een maquette in gips of klei gemaakt worden. Fig. 13.19 geeft een indruk van een dergelijke maquette; de daarbij gebruikte apparaten komen niet op de afbeelding voor.

Behalve de multiplex bestaan nog een aantal andere eenvoudige apparaten, welke echter vrijwel uitsluitend in Amerika en Engeland worden gebruikt en daarom hier niet zullen worden behandeld.

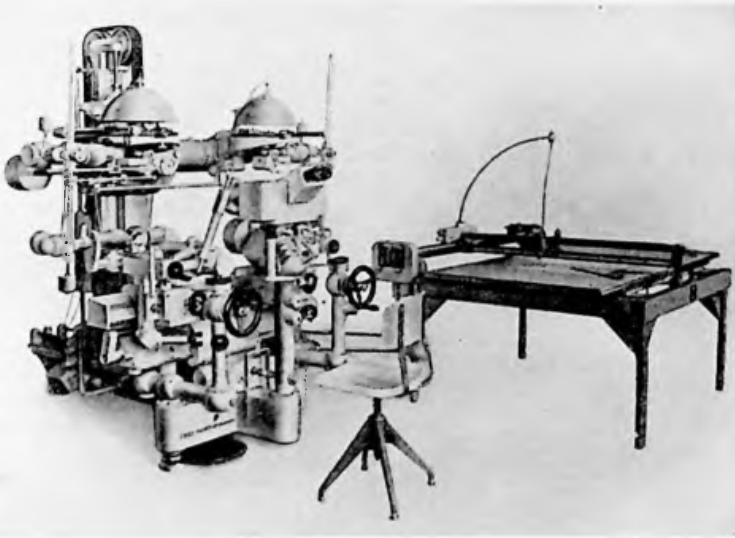


Fig. 13.20

Voor luchtkaarteringswerk, waarbij hoge eisen gesteld worden aan de nauwkeurigheid, wordt gebruik gemaakt van z.g. *beeldenpaarmachines*. Hiervan bestaan verschillende typen, waarvan hier alleen 2 vooraanstaande zullen worden genoemd, zonder op de technische details in te gaan.

De eerste is de *stereoplanigraaf van Zeiss*, waarvan fig. 13.20 een afbeelding geeft. In dit zeer gecompliceerde toestel, waarvan er 2 zijn opgesteld in Delft, komt het model geheel langs optische weg tot stand, terwijl de nauwkeurigheid vergroot wordt door beschouwing daarvan door een vergrotend optisch systeem.

De tweede is de *autograaf A5 van Wild*. Dit is eveneens een zeer gecompliceerd apparaat (fig. 13.21); in dit apparaat wordt een mechanische projectie toegepast, waarbij twee corresponderende lichtstralen worden voorgesteld door 2 stangen. Een vereenvoudigde uitvoering hiervan — uitsluitend bedoeld als tekenapparaat — is de *Wild A6* (fig. 13.22); van beide instrumenten zijn enige exemplaren in Delft aanwezig.

Zowel de stereoplanigraaf als de autograaf eisen voor de bediening speciaal opgeleid personeel. In beide apparaten kan het meetmerk, dat het ruimtelijk model aftast, gekoppeld worden aan een tekenstift, welke op een naast het toestel op-



Fig. 13.21

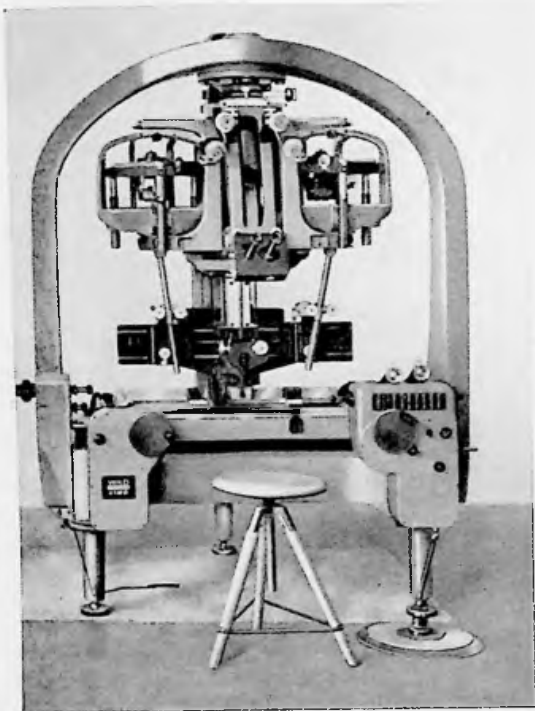


Fig. 13.22

gestelde tekentafel de bewegingen van het meetmerk registreert en zodoende automatisch een kaart tekent (zie fig. 13.20).

### 13.3.5 Meetkundige grondslag van een luchtkaartering

Uit het voorgaande is gebleken, dat de fotogrammetrie in staat stelt grote gebieden te kaarteren zonder dat daarbij het terrein behoeft te worden betreden. Het is echter ook gebleken, dat op zekere — van de uiteindelijk verlangde nauwkeurigheid afhankelijke — afstanden een contrôle in de vorm van terrestrisch bekende punten noodzakelijk is om de accumulatie van foutjes in de aerotriangulatie op te vangen.

Het is daarbij gewenst, dat de contrôlepunten in nauwkeurigheid een klasse hoger staan dan de fototriangulatie; in dat geval kan het terrestrische net van contrôlepunten beschouwd worden als een primair net, dat door middel van methoden van secundaire nauwkeurigheid verdicht wordt. De dichtheid van het benodigde terrestrische net van contrôlepunten hangt af van de gebruikte fototriangulatiemethode en van de uiteindelijk verlangde nauwkeurigheid van het geheel. Getallen zijn daarom moeilijk te geven, doch de volgende cijfers geven enige indruk van hetgeen benodigd is. Voor uiteindelijke kaartschaal 1 : 2000 op ieder fotopaar enkele terrestrisch bekende punten; voor schaal 1 : 10.000 terrestrische punten op enkele kilometers onderlinge afstand; voor schaal 1 : 50.000 à 1 : 100.000 terrestrische punten op 50 à 80 kilometer onderlinge afstand. Bij goed fotomateriaal en deskundige kaartering kunnen de fouten in de kaart dan in het algemeen gehouden worden binnen de grens van de tekennauwkeurigheid n.l. 0,2 mm in de kaart; dit correspondeert in de bovengenoemde voorbeelden resp. met 0,4 meter, 2 meter en 10 à 20 meter.

Willen de terrestrische punten inderdaad een klasse hoger staan in nauwkeurigheid dan de fototriangulatie, dan is terrestrische triangulatie daarvan de beste methode. In Nederland levert dit geen moeilijkheden op, omdat altijd steun ontleend kan worden aan de bestaande triangulatie van de Rijksdriehoeksmeting, doch in tropische gebieden, zoals b.v. Nieuw Guinee, zou een terrestrische triangulatie zeer bezwaarlijk uit te voeren zijn, mede in verband met tijd en kosten. Onder dergelijke omstandigheden behelpt men zich dan met astronomisch bepaalde punten, waarvan de inwendige nauwkeurigheid met een transportabel instrumentarium weliswaar van de vrij hoge orde is van 0'',5 (corresponderende met 15 meter of minder), doch waarvan de absolute nauwkeurigheid ongunstig beïnvloed wordt door onbekende schietloodafwijkingen. Deze laatste kunnen in ogenschijnlijk vlak terrein gemakkelijk een 10-tal boogseconden (300 meter) bedragen, terwijl belangrijk grotere bedragen mogelijk zijn. Slechts in uitzonderingsgevallen kan hiervoor gecorrigeerd worden, zodat een terrestrische contrôle, bestaande uit astronomisch bepaalde punten, in het algemeen in nauwkeurigheid een klasse ten achter staat bij de fototriangulatie. Dit is uiteraard een ongewenste toestand, welke in onbekende gebieden echter moet worden aanvaard, wat natuurlijk ten koste gaat van de uiteindelijk nauwkeurigheid van de kaart; m.a.w. men moet de uiteindelijke nauwkeurigheidseisen lager stellen, wat in dergelijke gebieden veelal zonder bezwaar kan geschieden.

Men kan de terrestrisch — d.m.v. triangulatie of astronomische waarmeningen — bepaalde punten zodanig markeren, dat ze op later te nemen luchtfoto's kenbaar

### § 13.3.5

zijn. Dikwijls wordt ook de omgekeerde weg gevolgd; men neemt eerst de luchtfoto's en bepaalt dan in het terrein de nodige punten, welke zowel op de foto als op de grond zijn te identificeren.

De moderne elektronische plaatsbepalingmethoden (hoofdstuk XII) openen ook voor de luchtkartering wijde perspectieven, aangezien zij de gehele of nagenoeg de gehele terrestrisch te bepalen grondslag kunnen vervangen met een nauwkeurigheid gelijkwaardig aan een terrestrische triangulatie.

Tegelijkertijd opent een dergelijk systeem de mogelijkheid de fotostroken inderdaad te vliegen, zoals in het vliegplan was ontworpen. In onbekende gebieden betekent dit een besparing van vlieggasten van de orde van 25%, terwijl bovendien een groot voordeel is, dat de fototriangulatie van dergelijke regelmatig gevlogen stroken belangrijk nauwkeuriger kan geschieden.

### 13.3.6 Beperkingen van de luchtfoto voor karteringsdoeleinden

Men dient zich er steeds van bewust te zijn, dat bepaalde objecten nimmer op een luchtfoto zichtbaar kunnen zijn en dus ook niet kunnen worden geкартеerd. Alles wat onder in blad staande bomen zit, is beslist niet zichtbaar. In verband daarmee worden luchtfoto's in Nederland als regel in het vroege voorjaar genomen.

Er zijn nog een aantal andere objecten, welke niet op luchtfoto's voorkomen, waarvan als voorbeeld genoemd worden duikers onder wegen.

Voor een volledige kartering is dus steeds enige aanvullende terrestrische meting nodig; een bezoek aan het terrein is trouwens ook om andere redenen noodzakelijk, b.v. voor het invullen van namen, kilometrering, e.d.

Bij een luchtkartering van tropische gebieden is in vele gevallen de dichte begroeiing oorzaak, dat men nagenoeg niets van de begane grond ziet. In vele gevallen is het doel van een dergelijke kartering echter een geologische verkenningsskaart als overzicht van de topografische formatie; aangezien het boomdek een nagenoeg constante hoogte heeft, kan men uit een hoogtelijnen- of vormlijnenkartering over de boomtoppen dan toch een juiste indruk krijgen van de onderliggende topografie. Ter controle wordt dan zoveel mogelijk de boomhoogte stereoscopisch gemeten bij opengekapte plaatsen en rivieren.

## 13.4 Hydrografische interpretatie van luchtfoto's

### 13.4.1 Zeebodemprofiel en objecten onder water

Om te beginnen dient onderscheid gemaakt te worden tussen 2 gebruiksmogelijkheden van luchtfoto's, n.l.:

1. Dieptemetingen op de foto's.
2. Uitsluitend interpretatie van de foto's, al of niet met behulp van stereoscopie.

Dieptemetingen op luchtfoto's kunnen in beginsel op geheel dezelfde wijze worden uitgevoerd als de in par. 13.3 beschreven hoogte-metingen in een bergterrein. Het is echter slechts uiterst zelden mogelijk dit beginsel voor onder water liggend terrein (zeebodem) of objecten (wrakken, mijnen) toe te passen. Ten eerste is een moeilijkheid, dat de lichtstralen in water anders gebroken worden dan in lucht, met als gevolg een vervorming van het stereobeeld; met dit effect zou echter rekening

gehouden kunnen worden. De tweede moeilijkheid is van grotere praktische betekenis en zij is gelegen in het feit, dat het wateroppervlak uiterst zelden volkomen vlak is, terwijl het iedere waarnemer bekend is, dat de geringste rimpeling in het oppervlak het waargenomen beeld volkomen misvormt. Ondanks deze moeilijkheden zijn er toch enkele voorbeelden bekend (o.a. in de Rode Zee), waarin het gelukt is diepten op kusttriffen stereoscopisch te meten.

Alles bijeengenomen, mag echter geconcludeerd worden, dat stereoscopische dieptemeting niet tot de praktische mogelijkheden behoort.

Er wordt hier nog opgemerkt, dat de onderlinge oriëntering van 2 opeenvolgende luchtfoto's op de wijze, zoals dat in par. 13.3.4 is beschreven, niet mogelijk is als de foto's uitsluitend water afbeelden; het is dan n.l. niet mogelijk in de foto-overlap de 5 identieke punten te vinden, welke nodig zijn voor de onderlinge oriëntering, omdat noch bij golfbeweging, noch bij vlak water identieke punten kunnen worden gezien.

Ten aanzien van de tweede gebruiksmogelijkheid wordt opgemerkt, dat stereoscopische interpretatie om bovengenoemde redenen vrijwel nimmer mogelijk zal zijn. De toepassingen beperken zich dus tot het gebruik van enkele foto's en geen fotoparen.

Verder dient een onderscheid gemaakt te worden tussen een directe en een indirecte interpretatie, d.w.z. tussen het trekken van conclusies uit directe waarneming op de foto en het trekken van die conclusies langs indirecte weg uit waarneming van bepaalde indicaties op de foto.

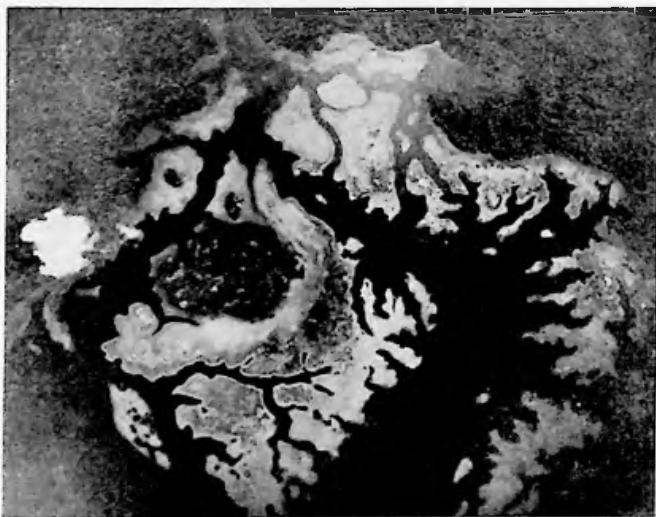


Fig. 13.23

Waarnemingen van het zeebodemprofiel of van objecten onder water langs directe weg — dus rechtstreekse afbeelding op de foto — behoort tot de zeer zelden voorkomende mogelijkheden, en wel om dezelfde redenen als hierboven genoemd. In ieder geval is zij afhankelijk van goede foto's en weinig of geen golfbeweging.

De kwaliteit van de foto hangt af van de ervaring van de fotograaf, van de vlieg-hoogte, de belichting en de aard van het object onder water (contrasten in de foto). Er bestaan zeer illustratieve voorbeelden van koraalriffen onder water, welke met een detail worden afgebeeld, dat met een normale hydrografische opname niet bereikt kan worden. Fig. 13.23 is daarvan een voorbeeld, waarbij opgemerkt wordt, dat hier de directe interpretatiemogelijkheid inderdaad perfect is, doch dat stereoscopische dieptemeting met behulp van de naastliggende foto geheel zonder resultaat bleef. Er zijn echter ook andere voorbeelden bekend, waar eenzelfde soort koraalriffen in helder water niet op de foto's voorkomen, mogelijk in verband met een ongunstige invalshoek van het licht of een „ongunstige” kleur van het koraal.

Ook is men erin geslaagd, mijnenvelden op luchtfoto's waar te nemen, doch ook dit mag niet leiden tot de conclusie van de afwezigheid van een mijnenveld als de foto's daarvan geen aanwijzing geven.

Wat betreft de directe interpretatie mogelijkheden — dus de simpele waarneming van een object onder water, zonder daarop metingen te doen — moet dus gezegd worden, dat zij aanwezig kunnen zijn, doch dat het in het algemeen niet als verantwoord beschouwd kan worden om een gebied „schoon” te verklaren als de luchtfoto's geen aanwijzingen geven.

Langs indirecte weg kunnen echter dikwijls zeer belangrijke conclusies getrokken worden omtrent het zeebodemprofiel of objecten onder water. Indien deininggolven niet loodrecht op de kust staan, dan kan het bodemprofiel met zeer redelijke nauwkeurigheid afgeleid worden uit de richtingsverandering dier golven en uit het korter worden van de golflengte; deze laatste aanwijzing is ook bruikbaar bij loodrecht op de kust staande deining. De hierop berustende theorie is zeer ingewikkeld en zij heeft een aantal onzekere factoren, tenzij amplitude en golflengte bekend zijn. Deze beide belangrijke factoren kunnen echter met vrij grote nauwkeurigheid afgeleid worden uit series gelijktijdig genomen stereo-opnamen van het golfoppervlak. Men kan die foto's b.v. nemen uit een vliegtuig op enkele honderden meters hoogte, daarbij een dubbele camera gebruikende met b.v. een basislengte van 1 meter; aangezien hiermede 2 foto's gelijktijdig genomen worden vanuit 2 verschillende standplaatsen en met een onveranderlijke onderlinge oriëntering, wordt van dit beweeglijke oppervlak wel een stereoscopisch beeld verkregen, waarin metingen gedaan kunnen worden. Deze methode werd door de Amerikanen in de 2e wereldoorlog op vrij grote schaal toegepast. In het algemeen kan er van gezegd worden, dat zij zeer goede resultaten oplevert, daar waar geen enkele hydrografische informatie beschikbaar is; de informatie is echter minder volledig dan langs de normale weg van hydrografische kaartering bereikt kan worden. Aangezien bij deze methode ook absolute diepten worden bepaald, kan men spreken van een indirecte methode van interpretatie, zowel als van meting.

Een andere methode — eveneens indirecte interpretatie en meting — werd toegepast voor de kaartering van het profiel van de stranden van N.W. Europa, inclusief de kust van Normandië; die methode werd ook toegepast in de Pacific.

Daarbij werden reeksen overlappende foto's genomen met een combinatie van 4 camera's met evenwijdige (verticale) assen. De eerste camera is niet van een filter voorzien, de tweede van een groenfilter, de derde rood en de vierde infrarood. Lichtstralen van verschillende golflengte — dus kleur — hebben een verschillend doordringingsvermogen in het water; in de camera met het groene filter worden de groene stralen uitgefilterd, in die met het rode filter de rode stralen, enz. Zo zullen de

4 foto's 4 verschillende beelden te zien geven, waarbij de verschillen een functie zijn van de waterdiepte. Welke deze functie is, dient uit proefopnamen van bekend terrein vastgesteld te worden; op deze wijze kan men een diepteschaal vaststellen voor het interpreteren van de foto's.

Er zijn uiteraard enige moeilijkheden, zoals storende effecten door begroeiing van de grond of kleurverschillen in de grondsoort. Desniettemin is het gelukt profielen van de stranden van Normandië op deze manier samen te stellen tot op een waterdiepte van 6 meter en met fouten, welke binnen enkele decimeters bleven, hetgeen — gezien de ondoorzichtigheid van het water ter plaatse — een buitengewoon mooi resultaat genoemd mag worden. In de Pacific heeft men deze methode — bij veel helderder water — toegepast tot op 40 meter diepte met dieptefouten van ongeveer 5%.

De volgens deze laatste methode verkregen informatie is veel vollediger, dan volgens normale opnamemethoden bereikbaar is, zelfs onder omstandigheden, waarbij men niet door vijandelijke acties gehinderd zou worden. Bovendien betreft het hier een gebied, dat met de normale lodingsmethoden niet bereikbaar is. De hier geopende mogelijkheden van zeer gedetailleerde informatie zijn voor 2 toepassingen van groot belang, n.l. militaire toepassing en gebruik ten behoeve van olie-exploratie, welke tegenwoordig op grote schaal plaats heeft in (betrekkelijk) ondiep water. Ten aanzien van de laatstgenoemde toepassing geldt echter, dat de perspectieven niet groot zijn in verband met de enorme kosten. Het is begrijpelijk, dat het hiervoor benodigde fotomateriaal aan zeer hoge eisen moet voldoen, wil men inderdaad de verlangde nauwkeurigheid kunnen bereiken. Van de voor dit doel gedurende de 2e wereldoorlog genomen foto's was dan ook slechts belangrijk minder dan 1% bruikbaar. De kosten worden zodoende dusdanig hoog, dat aan commerciële toepassing helaas niet gedacht kan worden.

Kleurenfotografie is voor hetzelfde doel ook gebruikt; de resultaten waren echter slechts bevredigend onder uitzonderlijk gunstige omstandigheden, terwijl het procédé — vooral de kleurenafdrukken — zeer kostbaar is.

#### 13.4.2 Kustlijn en topografie

Met betrekking tot de kustlijn en de topografie van het binnenland bestaan veel grotere mogelijkheden dan ten aanzien van de zeebodem. Deze mogelijkheden zijn uiteengezet in par. 13.3. Daaruit blijkt dat eigenlijke kaartering van kustlijn of topografie slechts mogelijk is met behulp van ingewikkelde instrumenten, welke speciale bediening vereisen. De mogelijkheden voor kaartering zijn dus — althans bij een systematisch uitgevoerde luchtfotografie — aanwezig, doch de uitvoering daarvan kan niet door Hydrografie geschieden, zodat daarvoor gespecialiseerde instanties (in Nederland: de Meetkundige Dienst van de Rijkswaterstaat of in bepaalde gevallen de Topografische Dienst of de K.L.M.) moeten worden ingeschakeld.

De mogelijkheden voor het gebruik van luchtfoto's door Hydrografie zijn gelegen op tweeërlei gebied, namelijk ten eerste het gebruik van luchtfoto's, op welke reeds te voren door een andere Dienst een radiaal- of een aerotriangulatie is uitgevoerd, en ten tweede het gebruik van niet getrianguleerde foto's voor uitsluitend interpretatiedoeleinden.

In het eerste geval kan de kustlijn na vergelijk met identieke punten van de hydrografische triangulatie zonder meer worden overgenomen, evenals de topo-

grafie. In het tweede geval zal men met het overnemen van gegevens uit het foto-beeld zeer voorzichtig moeten zijn, wat ook geldt voor de topografie. Desniettemin zullen de foto's als regel tal van gegevens opleveren, welke b.v. van nut zijn bij het opzetten van de hydrografische triangulatie (onderlinge zichtbaarheid van land-hoeken, e.d.) en ook bij het intekenen van details van de kustlijn. Verder geven luchtfoto's dikwijls belangrijke informatie over de afstand, waarop van uit zee slecht zichtbare baaitjes het land indringen, verbindingen in het binnenland tussen rivieren, en tal van andere zaken, waarvan de kennis als regel niet verworven kan worden door beschouwing uit zee of uit de lodende sloep, terwijl die kennis toch van groot belang kan zijn voor de organisatie van het hydrografisch werk.

### 13.4.3 Het gebruik van luchtfoto's bij hydrografie

Uit de beide voorgaande paragrafen is gebleken, dat slechts een klein gedeelte van de normale hydrografische werkzaamheden vervangen kan worden door interpretatie van - en metingen op luchtfoto's. De hoofdschotel van een hydrografische opname bestaat uit de bepaling van het zeebodemprofiel en daarbij kunnen luchtfoto's hoogstens als aanvullend hulpmiddel dienen, doch nimmer als vervangings-middel. Het lijkt dan ook wel uitgesloten, dat de Nederlandse Hydrografische Dienst ooit ertoe zou overgaan systematische luchtfotografie voor haar rekening te doen uitvoeren, omdat de kosten zeker niet evenredig zouden zijn aan de te bereiken voordelen.

Deze zaak ligt echter geheel anders als er meerdere belanghebbenden zijn bij een luchtfotografie en daarop steunende luchtkaartering; in zulke gevallen zou een bijdrage in de totale kosten verantwoord kunnen zijn.

Op de Zuidkust van Nieuw Guinee werd kort voor de 2e wereldoorlog door Hydrografie met vrucht gebruik gemaakt van de resultaten van een voor de Nederlands Nieuw Guinee Petroleum Maatschappij uitgevoerde luchtkaartering. Met behulp van de luchtkaarten en de foto's konden bepaalde punten in het terrein worden geïdentificeerd; deze werden van bakens voorzien, welke dan verder dienden als triangulatiepunten, hetgeen mogelijk was, door hun coördinaten van de luchtkaart af te passen.

Hoewel een systematisch uitgevoerde luchtfotografie en daarop aansluitende luchtkaartering dus niet op de weg van Hydrografie ligt, lijkt het toch dat een klein vliegtuig of hefschroefvliegtuig van groot nut zou kunnen zijn voor verkenningen van riffen, zowel als voor communicatie tussen anders moeilijk bereikbare punten.

### 13.4.4 Luchtfoto-archieven

In Nederland bestaan een aantal luchtfoto-archieven. Het voornaamste hiervan is het archief van de Topografische Dienst, momenteel gevestigd te Delft. Men is doende de overige archieven samen te voegen met dit archief tot een centraal archief van luchtfoto's, dat eveneens bij de Topografische Dienst gevestigd zal zijn. Luchtfotomateriaal kan daar op bepaalde voorwaarden in bruikleen verstrekt worden.

Verder bevindt zich een luchtfoto-archief van delen van Indonesië en van een belangrijk deel van Nieuw Guinee bij de B.P.M. te 's-Gravenhage. Van dit archief bevond zich vroeger een duplicaat bij de Top. dienst te Djakarta.

In Paramaribo en in Curaçao bevinden zich plaatselijke luchtfoto-archieven. Er wordt naar gestreefd volledige gegevens en mogelijk duplicaten te verkrijgen voor het bovengenoemde centraal archief te Delft.

Luchtfoto's worden in het algemeen als geheim of als confidentieel geclassificeerd, waarvan op de vóór- of achterzijde moet blijken; deze classificatie kan zowel op militaire- als op economische gronden zijn geschied.

*Literatuur* : Fotogrammetrie door Ir A. J. v. D. WEELE (Servire's Encyclopaedie; 's-Gravenhage; 1951).

Engineering applications of Aerial and Terrestrial Photogrammetry by B. B. Talley (London, Sir Isaac Pitman & Sons Ltd.; 1939).

Aerophotography and Aerosurveying by J. W. BAGLEY (Mc. Graw-Hill Book Company Inc.; 1941).

Aerial photography for Hydrographic Surveys (U.S. Navy Hydrographic Office; 1940).

Manual of coastal deliniation from aerial photographs (U.S. Navy Hydrographic Office; publication no. 592; 1947).

Grundriss der Photogrammetrie durch K. SCHWIDEFSKY (Verlag für Wissenschaft und Fachbuch G.M.B.H. Bielefeld; 1950).



## XIV. MINUUTBLAD

## 14.1 Afmetingen en schaal

Het trekken van het net werd reeds behandeld bij het constructieblad (par. 8.2). Het net moet met rode inkt getrokken worden. Bij de meridianen en parallellen worden lengte en breedte met zwarte inkt bijgeschreven (conform het constructieblad). Waar echter bij het constructieblad de afmetingen en dus ook vaak de schaal worden beheerst door de afstand der uiterste bakens of triangulatiepunten, welke bij het loden en dus later bij het construeren worden gebezigd, wordt bij het minuutblad de schaal uitsluitend beheerst door de eis, dat alle nodige gegevens voldoende gedetailleerd en voldoende duidelijk kunnen getekend worden. De afmeting van het minuutblad is willekeurig; kleine minuutbladen zijn handelbaarder dan grote bladen.

De geografische netten van constructie- en minuutblad dienen identiek te zijn, aangezien daardoor de lodingsslagen, kustlijn, enz., op eenvoudige wijze d.m.v. een calque naar het minuutblad kunnen worden overgebracht. Het is dan ook gebruikelijk beide soorten bladen op dezelfde schaal te vervaardigen. Hiervan wordt slechts in uitzonderingsgevallen afgeweken; vergroting heeft echter nimmer plaats. Is de schaal echter wel verschillend, dan moet men de omslachtige werkwijze volgen van het overbrengen hetzij met de reductiepasser, hetzij met een ruitennet. In Nederland, waar de technische diensten altijd bij de hand zijn, laat men in zulk geval een fotografische verkleining maken of maakt men gebruik van de Procota (zie par. 2.43) dan wel van de pantograaf (zie par. 2.40).

## 14.2 Netheid en accuratesse

Voor het minuutblad zijn netheid en zindelijkheid van groot gewicht, aangezien dit blad de basis vormt, waaraan de gegevens voor de zeekaarten worden ontleend, terwijl het verder een document blijft, dat ook later nog herhaaldelijk geraadpleegd wordt, omdat het de meest volledige gegevens bevat betreffende het betrokken terrein.

Geen moeite moet gespaard worden om te zorgen dat elk detail op het minuutblad nauwkeurig, duidelijk en leesbaar is voor de cartograaf, die de kaart vervaardigt. Artistiek tekenwerk is noch nodig noch gewenst op het minuutblad. Dit geldt ook voor titels, geen te grote zorg aan schoonschrift. Het blad dient dusdanig te zijn, dat de indruk van slordigheid vermeden wordt.

Zorg en geduld gepaard aan voldoende practijk zullen de nodige accuratesse en leesbaarheid voortbrengen. Men gebruike een fijn geslepen potlood, welke de vezel van het papier niet beschadigt, opdat het in inkt zetten met netheid kan geschieden.

*Het tekenen van het minuutblad heeft plaats door de leider der opneming, daar bij deze arbeid contrôle plaats heeft van al het voorgaande werk.* Slechts bij hoge uitzondering kan hij b.v. een kleine plaatselijke opneming door zijn oudste ondergeschikte laten doen voor zover deze voldoende opnamepractijk heeft. De leider zal gaarne de officier, die in de sloep de leiding had, het minuutwerk voorleggen om diens oordeel daarover te vernemen.

## 14.3 Aanwijzingen voor het tekenwerk en overbrengen op het minuutblad

Wanneer het net van het minuutblad getrokken is, kan met het tekenen aangevangen worden.

Lodingwerk, dat op meerdere bladen op verschillende schalen voorkomt, wordt uitsluitend geminuut op de grootste der gebruikte schalen, aangezien eventuele onnauwkeurigheden of omissies begaan bij het overbrengen op kleinere schaal, evenals verschillen bij aansluiting, aanleiding geven tot onzekerheid bij het vervaardigen der getekende kaarten.

Het overbrengen van de lodingslagen, de kustlijn, en verdere gegevens van het constructieblad naar het minuutblad geschiedt d.m.v. een calque; de aansluitingspunten voor het overbrengen zijn de hoekpunten van het geografisch net. Aangezien calqueerpapier niet geheel vrij is van rek en krimp, geschiedt het overbrengen bij niet te grote gedeelten, bij voorkeur enkele vierkante decimeters. Door dit overbrengen bij gedeelten is het ook mogelijk de bewerking van het minuutblad zoveel mogelijk gelijke tred te doen houden met de vorderingen op het constructieblad. Het door loodjes op zijn plaats gehouden calqueerpapier moet volkomen vlak aanliggen op de bladen. De gegevens van het constructieblad worden er met inkt op overgenomen. Daarna wordt de calque omgekeerd en ter plaatse van de tekening bestreken met blauw potlood dat gemakkelijk weg te gommen is. Op het minuutblad wordt de tekening overgebracht door alle lijnen langs te lopen met een fijn geslepen hard potlood.

De calque moet met de uiterste nauwkeurigheid vervaardigd worden en met dezelfde nauwkeurigheid op het minuutblad worden doorgedrukt. Doet men dit niet, dan zullen al gauw foutjes insluipen en het typerende van de details van b.v. een kustlijn verloren gaan. Men bedenke dat alle calqueerwerk steeds een bron van foutjes is, en dat men die door nauwkeurig te werken tot toelaatbare proporties moet terugbrengen. Het is een onvermijdelijke tussentrap in de hydrografische kaartering, aangezien het totaal der werkzaamheden niet op één enkel blad kan worden uitgevoerd.

Na het overbrengen van de gegevens op het minuutblad, en ook na het in inkt zetten daarvan, vergelijkte men steeds nogmaals op het oog de tekening op beide bladen en herstelle zonodig de aan het licht komende onnauwkeurigheden.

Bij het tekenen van het minuutblad moet men zich houden aan de tekens en afkortingen, voorkomende op Ned. krt. no. 1, eventueel met toelichtende bijschriften, zodat twijfel over hetgeen bedoeld wordt, uitgesloten is. Alle aantekeningen op de minuutbladen, die hetzij bij het omzetten daarvan tot een kaart, hetzij voor de vervaardiger van de zeemansgids, waarde kunnen hebben, zijn welkom. Ook de betoning en behakening wordt geheel overeenkomstig de werkelijkheid op het minuutblad getekend. Eventuele lichtkarakters en perioden worden hierbij geschreven, zoals dit op de grootste schaal kaarten voorkomt.

#### 14.4 Dieptecijfers en dieptelijnen

Als de kustlijnen en andere topografische onderdelen voorlopig in potlood nauwkeurig zijn overgebracht, wordt het gereduceerde lodingwerk in potlood getekend. Het minuten van echolodingen is behandeld in par. 14.5.

Het verdelen van de dieptecijfers tussen de plaatsbepalingen dient zodanig te geschieden dat ieder geminuut dieptecijfer op de juiste plaats geкартеerd wordt; daarbij moet o.a. gelet worden op het feit dat, bij eventueel gebruik van het handlood, een loding van 12 m belangrijk meer tijd neemt (door het lood inhalen, lijn

opschieten enz.) dan een loding van 6 m. Daarom zijn dwarsmerken, of de metingen van een enkele hoek zulke nuttige aanwijzingen. Ook op vaartvermindering en vermeerdering moet gelet worden.

Men vult zoveel mogelijk dieptecijfers in als met goede leesbaarheid nog overeenkomt; men moet niet streven naar het tekenen ener kaart. Beschikt men over meer dieptecijfers dan getekend kunnen worden, dan wordt de keuze bepaald tot die cijfers, welke het beloop van het bodemprofiel zo goed mogelijk tot uitdrukking brengen. Diepten tot 21 m onder het reductievlak worden in meters en tienden vermeld, grotere diepten in volle meters. Het aantal tienden wordt rechts en iets lager en kleiner vermeld dan het volle aantal meters (b.v. 11<sub>8</sub>, 0<sub>2</sub>). Het cijfer 0 op zichzelf wordt nimmer vermeld, daar het zou kunnen worden aangezien voor een eiland. Ook zet men niet b.v. 7<sub>0</sub>, doch 7. Grondsoorten moeten op de juiste plaats gezet worden, onder of naast het bijbehorende dieptecijfer en niet gebruikt worden om open ruimten te vullen. Droogvallingen bij het niveau van het reductievlak der kaart worden onderstreept. Zo betekent 12 of 1<sub>2</sub> dat de bank 12 dm droogvalt bij het niveau van het gebruikte reductievlak van de kaart.

Tijdens het minuten worden *per lodingslag* de dieptelijnen doorgetrokken, zulks ter voorkoming van aan het oog ontsnappen van afwijkende dieptecijfers. Een goed loder zal de dieptecijfers en dieptelijnen ook op zijn sloepsblad bijhouden, teneinde zijn slagen zo loodrecht mogelijk op de dieptelijnen te leggen en om zeker te zijn, dat hij geen ondiepten over het hoofd ziet. Wordt dit niet gedaan, dan loopt men de kans, dat ondiepe geulen of plekken eerst onder de aandacht komen als het schip reeds naar een volgend punt van het terrein verstoomd is, hetgeen tijdverlies tengevolge zal hebben, als eventueel aanvullingsslagen gelegd moeten worden. Eén en ander impliceert, dat het minuutwerk geheel bij moet zijn, voordat een terrein voor goed verlaten wordt.

Het minuten geschiedt in potlood; het werk wordt eerst in inkt gezet als men zekerheid heeft, dat geen aanvullingen meer nodig zijn. Worden voor vollediger overzicht van het diepteverloop dieptecijfers van een vroegere opneming op het minuutblad geplaatst, dan geschiedt dit in rode inkt.

Alle dieptecijfers van 200 m en kleiner moeten gedekt zijn door de naast hogere (of gelijke) dieptelijn. Bij het samenvloeien van twee of meer dieptelijnen wordt de ondiepste doorgetrokken en dus de diepste afgebroken. Dit moet snappend geschieden.

Dieptelijnen mogen niet geschaafd worden, dit is het werk van het Bureau Hydrografie, niet van de opnemer. De dieptelijnen op de minuutbladen worden nooit (behoudens op operationele calquen) getekend zoals is voorgeschreven voor de kaart (Ned. krt. no. 1) doch men trekt ze als doorgetrokken lijn met gekleurde inkt; de droogvallingslijn gewoonlijk in gebrande sienna (over het in zwart aangegeven koraal, zand enz.), de 2 meter geel, de 5 meter groen, de 10 meter rood, de 20 meter geel, de 200 meter blauw, de kustlijn zwart.

De kleur van de dieptelijnen moet duidelijk in de legenda van het minuutblad vermeld worden.

*Steeds dient nauwkeurig nagegaan te worden of alle reeds op de zeekaart voorkomende gevaren (ook wrakken), kenbare punten e.d. wederom gevonden zijn.* Mocht zulks niet het geval zijn, dan dient een speciale vermelding van het feit in het hydrografisch rapport plaats te vinden, waaruit dient te blijken, dat één en ander niet over het hoofd gezien is, doch terdege grondig en afdoend is onderzocht.

Voor de verplichte gegevens, die in de legenda van het minuutblad moeten worden vermeld, zie par. 8.12, welke aangevuld dienen te worden met eventueel andere opmerkingen, welke men wenselijk acht.

In het algemeen gezegd: bij de samenstelling van het minuutblad houde men voortdurend in het oog, waartoe het zal moeten dienen, n.l. tot samenstelling van een zo volledig en nauwkeurig mogelijke zeekaart door cartografen, die zelve het opnemingswerk niet uitvoerden en *geen plaatselijke kennis* hebben. Elke tweeledige uitleg moet uitgesloten zijn.

#### 14.5 Verwerken van echolodingen

Bij het minuten van echolodingen dienen de volgende correcties, voor zover van toepassing, op de geregistreerde diepten te worden aangebracht:

- a. Correctie voor de afstand tussen de oscillatoren (ondiepwatervat correctie).
- b. Nullijn-correctie (soms 1 à 2 dm groot).
- c. Diepgangcorrectie (afstand oscillatoren-zeeoppervlak).
- d. Reductie voor de stand van het getij.
- e. Correctie voor andere voortplantingssnelheid van het geluid.

Het minuutwerk geschiedt met behulp van het afleestoestel, dat bij het gebruikte type echolood behoort. Het afleestoestel benevens bovengenoemde correcties zijn beschreven in V.V.K.M. 6.

Nadat het papier is gedroogd, worden registratie, snelliuslijnen en aantekeningen met potlood overtrokken. Met een hard, scherp potlood wordt langs een liniaal een dunne lijn getrokken langs de linkerkant der diepteschaallijnen. Indien een nullijn-correctie toegepast moet worden, verplaatst men genoemde potloodlijn over de afstand diepteschaallijn-zendlijn, zodat bij de aflezing van de diepte in het afleestoestel de correctie b reeds is inbegrepen.

Vervolgens schrijft men de correctie d met rood potlood als volgt bij. Even vóór de eerste snelliuslijn trekt men evenwijdig daaraan met rood potlood een boog over het gehele papier en plaatst daarboven — zoveel mogelijk aan de rechterzijde — de reductie voor de stand van het getij met haar teken, daarbij echter zorg dragende niet door de diepteregistratie heen te schrijven. Bij elke *wijziging* in de reductie trekt men ter plaatse eenzelfde rode lijn met daaronder de oude en daarboven de nieuwe reductie.

Boven de laatste op de rol papier voorkomende snelliusboog tekent men wederom een rode lijn met daaronder de laatste voorkomende reductie.

Van de correcties a, c en e stelt men een staatje samen voor de verschillende geregistreerde diepten van 1, 3, 5 . . . . . 21 m. Voor de grotere diepten maakt men een correctietabel voor 30, 40, 50, 75, 100, 125, 150, 175 en 200 m. Voor diepzee-echolodingen maakt men gebruik van tabel XXV f van de Hydrografische Tafels 1950. Genoemd staatje, dat meestal voor het gehele op te loden gebied kan dienen, wordt aan de binnenkant van het deksel van de tekendoos geprikt. Alleen wanneer in water van verschillende temperatuur en verschillend zoutgehalte gelood wordt (bv. nabij riviermonden, op rivieren, in lagunes) past men voor e een gewijzigde correctie toe.

Het is niet nodig het minuutwerk bij de eerste snellius aan te vangen; desgewenst kan men ook „terug” werken, waarbij men echter wel eerst het echolood-papier en het lodingsboekje vanaf het begin van de tocht moet inspecteren om te weten, of er nog wisselende correcties op de aflezingen moeten worden toegepast.

Bij het tekenen verdeelt men telkens op minuutblad en echoloodpapier de

afstand tussen twee snelli in zoveel gelijke delen, dat afstanden daartussen gemakkelijk geschat kunnen worden.

Voor zover er plaatsruimte is, tekent men nu de meest markante dieptecijfers, waarbij in elk geval de ondiepste, in.

De diepten worden verkregen door aflezing van de diepteschaal, waarbij men steeds de aflezing „0” laat samenvallen met de verticale potloodlijn; op de aflezing past men vervolgens uit het hoofd de bijgeschreven reductie toe en de correcties uit het genoemde staatje.

Bij gebruik van phase telt men het bedrag der phaseverschuiving, hetwelk op het registratiepapier is aangegeven, bij de afgelezen diepten op.

Is het toestel voor diepwaterlodingen (low speed) ingesteld geweest, hetgeen eveneens op het registreerpapier wordt aangetekend, dan moet de corresponderende rij dieptecijfers op de afleesschaal worden gebruikt.

Blijven de diepten gelijk of is de diepte geleidelijk toe- of afnemend, dan kan met minder dieptecijfers worden volstaan. Aangezien een geringer aantal dieptecijfers noodgedwongen ook voorkomt bij gebruik van het handlood en hierbij het terrein wel geaccidenteerd kan zijn, moet het Bureau Hydrografie bekend zijn met het soort lood, dat is gebruikt. Hierover dient een aantekening in de hydrografische rapporten of op het minuutblad te worden geplaatst.

In geaccidenteerd terrein met vele ondiepten moet men vermijden alleen alle ondiepe „pieken” in te tekenen, zodat er voor de diepe putten geen plaats meer is. Hierdoor zou een verkeerde indruk van het bodemverloop worden verkregen. Daarom zal men zo nu en dan een enkel ondiep cijfer weglaten om ruimte te laten voor één van groter diepte, waardoor de onregelmatigheid beter uitkomt.

Ook moet bij het minuutwerk gelet worden op de diepe sleuven of geulen, die zich soms over enige afstand uitstrekken. Gedacht wordt hierbij aan uit vroegere geologische tijdperken daterende, en thans onderzeese, rivierlopen e.d. Zo'n sleuf komt men in de eerste slag als een ondiepe put tegen, die men vermoedelijk te onbelangrijk vindt om op te nemen. Toch verdient het aanbeveling een dergelijk punt in de gedachten te houden voor het minuten van de volgende slag. Komt men dan weer eenzelfde, vaak iets diepere put tegen, dan zal overwogen moeten worden of intekening nodig is.

Dit is zeker het geval, indien de put in meerdere opvolgende lodingslagen voorkomt.

Indien een slijpgeul in de registratie voorkomt en hiervan geen enkele aantekening is gemaakt, dan bestaat de mogelijkheid dat deze tijdens het werk over het hoofd is gezien. Afhankelijk van de omstandigheden zal dit misschien een nader onderzoek nog nodig maken.

Bij het geven van phase moet dit op het registreerpapier zijn aangetekend. De praktijk wijst uit, dat dit wel eens wordt vergeten. Onzezekerheid behoeft men echter niet te hebben, als men slechts bedenkt, dat met phase zendlijn en crossnoise (een tweede, dikkere lijn naast de zendlijn) verdwijnen. Verder herkent men overschakeling van de ene phase op de naastliggende aan de „sprong” in het diepteverloop. Een dergelijk verschijnsel kan echter ook voorkomen bij zeer steile hellingen, zodat in geaccidenteerd terrein een phase-overschakeling niet direct als zodanig herkend behoeft te worden.

Bij tijdelijk eindigen van het minuutwerk dekke men het afleestoestel, dat steeds zeevast opgesteld moet zijn, met een zeildoeks kapje af.

Het niet gebruikte gedeelte van het minuutblad wordt, evenals een buiten gebruik zijnd minuutblad, steeds afgedekt met papieren dekvellen. Tijdens het

minuten dient de tekenaar ervoor zorg te dragen, dat bij het zich buigen over het blad geen harde knopen van de bovenkleding het minuutblad kunnen beschadigen.

In het bovenstaande zijn enige voornaamste wenken voor het minuutwerk gegeven. De beste leermeesters zijn tenslotte de practijk en de opgedane ervaring in verschillende omstandigheden.

#### 14.6 Operationele calque

In bijzondere tijdsomstandigheden kunnen hydrografische werkzaamheden worden opgedragen, waarbij het van groot belang is dat de resultaten zo spoedig mogelijk voor practisch gebruik beschikbaar zijn.

Om oordeelkundig en snel te kunnen werken dient de opnemer tevoren met het doel van de opneming goed bekend te zijn. Hij is dan in staat om de graad van nauwkeurigheid die aan de opneming gesteld moet worden, juist te beoordeelen, en zal aldus de kostbare tijd slechts voor de noodzakelijke werkzaamheden weten te besteden en veel onnodig werk kunnen vermijden.

De uitwerking der opneming wordt bespoedigd door het vervaardigen van een „operationele calque” rechtstreeks van het sloepsblad. Onder een operationele calque verstaat men een minuutblad, dat voor de zeeman leesbaar en voor onmiddellijk gebruik in de practijk geschikt is. Hiertoe moeten op de calque alle symbolen stipt overeenkomstig Ned. krt. no. 1 getekend worden, o.a. de kustlichten met toevoeging van hun karakter en sectoren en de dieptelijnen (geen gekleurde dieptelijnen). Beschrijvingen ter verduidelijking bij hiervoor in aanmerking komende punten, zullen voor de gebruiker van de calque veel gemak kunnen geven. Voor aanwijzingen van het verzenden zie par. 14.13.

#### 14.7 Topografische details en berghoogten

Kustlijnen kunnen slechts bij uitzondering van bestaande topografische kaarten worden overgenomen, aangezien deze daarop dikwijls zijn overgenomen van reeds bestaande zeekaarten, die men juist met de nieuwe opneming wenst te verbeteren.

Eventueel beschikbare recente luchtfoto's kunnen van grote waarde zijn bij het intekenen van details van de kustlijn. Bij ontoegankelijke kust kan het voorkomen, dat deze bijna geheel volgens recente luchtfoto's ingetekend zal worden. Worden voor het intekenen der kustlijn of topografische bijzonderheden lucht-opnamen gebruikt met geen of onvoldoende grondcontrole, dan moet dit op het minuutblad of in het hydrografisch rapport worden vermeld.

Voor de topografie van het landgedeelte kan met voordeel gebruik gemaakt worden van topografische kaarten, waarvan vaststaat dat die topografie niet schetsmatig is ingetekend. Men zij hierbij echter zeer critisch en gebruike bij voorkeur de kaart op de grootst beschikbare schaal. De eisen, welke uit zeevaartkundig oogpunt gesteld worden, wijken belangrijk af van die, welke aan een landkaart gesteld worden, en het overnemen van gegevens dient dan ook met kennis van zaken te geschieden. Uitstekende hoeken, eilanden, merklijnen, riviermondingen, in het algemeen alle punten dienende voor de plaatsbepaling op zee, mogen in geen geval zonder daadwerkelijk uitgevoerde controle van de topografische kaarten worden overgenomen.

Voor het minuutblad geldt als kustlijn de hoogwaterlijn; voor onder water vloeiende terreinen, begroeid met vloedbossen of bakau-bakau, geldt de rand der

begroeiing als kustlijn. Bij langzaam glooiende kusten is het somtijds niet eenvoudig deze hoogwaterlijn te bepalen. Er kunnen zich gevallen voordoen, waarbij de strook tussen hoogwaterlijn en begroeiing of duinen of klippen aanzienlijk is. In verband met vanuit zee op grote afstand genomen peilingen of radarplaatsbepaling kan het dan van belang zijn dergelijke begrenzingen afzonderlijk aan te geven.

De strook tussen laagwater- en hoogwaterlijn is van het grootste belang zowel om militaire redenen (landing) als om commerciële (laadboten). Bij een hydrografische opneming is het i.v.m. de beschikbare tijd en weersomstandigheden (branding) niet altijd mogelijk aan deze strook voldoende aandacht te besteden. Het wordt echter in de zorg van de opnemer aanbevolen, temeer omdat topografische kaarten aan deze zaak geen aandacht besteden en luchtfoto's slechts aanwijzingen geven doch geen concrete gegevens.

Hoogten van terreinvoorwerpen en bergen worden gegeven in meters boven middenstand; dit nulvlak is gekozen omdat de hoogten van voorwerpen vaak gebruikt worden voor afstandbepalingen vanuit zee d.m.v. verticale hoekmeting. Bij verschillende waterstanden zal men zodoende het gemiddelde het best benaderen. Mede i.v.m. deze toepassing worden de berghoogten op de zeekaarten — en dus ook op de minuutbladen — gegeven inclusief de begroeiing. Topografische kaarten geven de berghoogten zonder de begroeiing, zodat bij overname van deze op de zeekaart een vast bedrag van 30 meter, indien de top begroeid is, wordt opgeteld. Zo enigszins mogelijk dient de opnemer echter zelf de hoogten te bepalen.

Het zodanig tekenen van bergen op het minuutblad, dat — zonder hieraan onnodige kostbare tijd te besteden — een goed beeld geeft van het bergland zoals het zich vanuit zee gezien voordoet, is uiterst moeilijk. Het zwaartepunt dient gelegd te worden in de toppen, welke vanuit zee te identificeren zijn, waarbij, behalve de visuele kenbaarheid, ook aandacht besteed moet worden aan de radar-kenbaarheid. Wordt over een goede topografische kaart beschikt, dan kan volstaan worden met de bij de opneming bepaalde toppen door een cirkeltje weer te geven met weglating van alle overige details. Toelichtende bijschriften als „piek”, „zadelberg” e.d. zijn echter zeer welkom. Beschikt men niet over een goede topografische kaart, dan kan bij ingewikkeld bergland het beeld worden weergegeven door bijschriften als „hoog bergland”, „heuvelachtig”, „laagland” enz., of door enige hoogtelijnen berustend op ingesneden punten als b.v. de hoeken van een tafelberg.

Silhouetten van een enkele berg en fotografische of getekende landverkenningen kunnen zeer wel op het minuutblad worden weergegeven en zullen als aanvullende gegevens voor vervaardiging van de kaart welkom zijn.

Met één en ander dient men rekening te houden met de ontwikkeling van de radar, hetgeen vooral van belang is op kustkaarten. Alle punten, waarvan gebleken is dat zij „radar kenbare doelen” zijn, d.w.z. op het radarscherm een opvallend duidelijke aanwijzing geven, moeten op het minuutblad als zodanig worden aangegeven.

Nagegaan dient te worden welke kenbare punten eventueel vervallen zijn, en welke nieuw van belang zijnde punten zijn opgericht. Uit cartografisch-technisch oogpunt beschouwd, verdient het aanbeveling de plaats van een kenbaar punt in de kaart, zo enigszins mogelijk te behouden. Duidelijk dient vermeld te worden of een punt als „ruïne”, „vernield” of „vervallen” beschouwd moet worden. Tot de laatstgenoemde categorie behoren slechts die punten, waarvan, door inlichtingen verkregen van daartoe bevoegde autoriteiten, vast staat, dat zij niet op dezelfde plaats hersteld zullen worden en ook niet zichtbaar zijn voor de scheepvaart.

### 14.8 Bijschriften en spelling

De bakens van het constructieblad worden niet op het minuutblad gegeven; de namen van bergen en eilanden, kampongs, hoeken enz. worden eerst ingeschreven als daarover alle inlichtingen van het Plaatselijk Bestuur, van de bevolking en van eventueel bestaande topografische kaarten zijn verzameld. Gestreefd moet worden naar eenheid van spelling; voor *namen* zie verder het daarover vermelde in hoofdstuk XV.

Voor het schrift van de plaatsnamen enz. wordt eenvoudig, lopend schrift gebezigd (cursief), pogingen tot calligrafie moeten worden onderdrukt.

### 14.9 Aansluitingen

De minuutbladen van een voortgezette opneming moeten onderling zodanig aansluiten, dat de geografische ligging van een eindpunt van een lijn op één blad en het beginpunt van deze lijn op het volgende blad volkomen gelijk zijn. Op beide bladen dient de aansluiting van kust- en dieptelijnen aangegeven te worden door een cirkeltje.

Bovendien dient de aansluiting van kust- en dieptelijnen aan die van de bestaande kaart verzekerd te zijn, zodat de heropneming zonder compromissen in de kaart kan worden aangebracht. Dit impliceert, dat een plaatselijke heropneming soms dient uitgebreid te worden tot een grotere omvang dan aanvankelijk in de bedoeling lag; de mate van uitbreiding en de al of niet noodzakelijkheid daartoe is aan het oordeel van de commandant overgelaten.

Voor een juiste beoordeling der aansluiting is het noodzakelijk een gedeelte der kust- en dieptelijnen, nabij de aansluiting, van het minuutblad over te brengen op de kaart (verkleining; niet andersom, dat geeft vergroting en dus fouten).

### 14.10 Dregminuutblad

Wanneer van een belood terrein de vaarroutes gedregd zijn, worden de resultaten van het afgedregd gebied op een apart blad, het *dregminuutblad*, aangegeven, aangezien het gewone minuutblad met zijn vele dieptecijfers gewoonlijk te weinig ruimte biedt voor het intekenen van de details van het dregwerk.

De gedregde stroken worden van het dregconstructieblad door middel van een eenvoudige calque op het dregminuutblad overgebracht.

Het overbrengen met calqueerpapier moet nauwkeurig geschieden. Betreffende het gebruik van calqueerpapier wordt gewezen op hetgeen hierover vermeld is in par. 14.3.

Bij het calqueren moet men in het gebied, waar meermalen overheen gedregd is en de banen aldus vaak vele overlappen bezitten, er bijzonder op letten, dat de juiste begrenzing van het vak met de bijbehorende (grootste) dregdiepte van het constructieblad wordt overgenomen.

De dregvakken worden op het dregminuutblad in paarse inkt gezet en in elk vak de bijbehorende gereduceerde dregdiepte geplaatst, b.v. 12, hetgeen zeggen wil afgedregd op 12 m gereduceerd (zie Ned. krt. no. 1). Ook de door dreggen gevonden ondiepten en van de kaart afwijkende diepten moeten met hun gegevens door duidelijke bijschriften: rif (wrak), minste diepte, grondsoort, afmetingen, dregdiepte enz. op het dregminuutblad geplaatst worden. Bovendien geve men op het blad aan



welke ondiepten nieuw gevonden werden en welke ondiepten reeds op de zeekaart vermeld stonden en nader onderzocht zijn.

Voor de legenda wordt verwezen naar par. 8.12.

#### **14.11 Geregeld bijhouden minuutblad i.v.m. aanvullingsslagen**

In par. 14.4 werd reeds de wenselijkheid onder het oog gebracht om het minuutwerk zo min mogelijk uit te stellen.

Hiaten, afwijkende diepten, of lodingslagen welke vraagpunten opleveren, moeten aangevuld of nader onderzocht worden. Hoewel het sloepsblad hiervoor ook veelal waarschuwt, heeft men pas volle zekerheid dat het lodingwerk in orde is na het plaatsen van de nauwkeurig gereduceerde diepten op het minuutblad en het trekken van de dieptelijnen.

Men doet wel, alvorens het opnameterrein te verlaten, het werk van de laatste dagen nauwkeurig na te gaan, zodat men verzekerd is dat het lodingwerk geen aanvullingen meer behoeft.

Alle bladen moeten volledig afgemaakt, en in inkt gezet, worden ingediend.

#### **14.12 Ruimte en verlichting tekenkamer**

De aanzienlijke hoeveelheid werk en de kwaliteit daarvan stellen aan de tekenkamer als eerste eis, dat ze voldoende ruimte moet bieden en goed verlicht is.

De tekenkamer moet groot genoeg zijn voor het plaatsen van enige tekentafels en werktafels en voor het opbergen van werkbladen, registers, tekengerei, boekwerken enz.

Met nadruk moet gewezen worden op de belangrijkheid van het licht. Er moeten genoeg ramen zijn, waardoor zoveel natuurlijk licht kan binnenkomen als praktisch mogelijk is. Hierbij heeft bovenverlichting de voorkeur boven zijdelingse verlichting. Lampverlichting moet zodanig zijn, dat hinderlijke schaduwvorming beperkt wordt. De verlichting mag niet zwak zijn, daar dit aanleiding kan geven tot vergissingen en onnauwkeurig werk, terwijl het bovendien verderfelijk is voor de ogen.

#### **14.13 Verzenden werkbladen**

Voor het verzenden van de werkbladen kiese men de veiligste transportgelegenheid waarover beschikt kan worden.

Bij vervoer over grote afstand, over zee of door de lucht, moet een copie van de minuutbladen, op de plaats van afzending, als reserve worden aangehouden. De minuutbladen van de Indische Archipel werden destijds vaak medegegeven met een repatriërende officier of met de gezagvoerder van een der mailboten der Mij. Nederland en Mij. Kon. Rott. Lloyd.

De verpakking bestaat uit een passende waterdichte koker waarin de bladen, na met zorg opgerold te zijn, deugdelijk worden opgesloten. De eventuele ruimte tussen de opening van de koker en de rol moet opgevuld worden. De gesloten koker moet daarna verzegeld worden. Van de verzending wordt de Chef der Hydrografie telegrafisch bericht gezonden.

Ten slotte wordt opgemerkt, dat nimmer calquen, witdrukken of reproducties van minuutbladen of gedeelten daarvan aan derden verstrekt mogen worden, alvorens hiertoe machtiging is ontvangen van of namens de minister van marine.

## . XV. ZEEMANSGIDSEN

*Algemeen.* De tekst van de zeemansgidsen wordt in het algemeen beperkt tot hetgeen voor de zeeman van belang is en niet of lastig uit de kaarten is te lezen, en tot die bijzonderheden, waarop het wenselijk is nader de aandacht te vestigen.

De vaaraanwijzingen zijn zó gemaakt, dat een ter plaatse onbekend gezagvoerder met behulp van kaart en gids de vaarwaters zowel overdag als des nachts veilig kan bevaren. Beantwoorden zij niet aan deze eis door onvolledige kennis of omdat het terrein dit niet toelaat, dan wordt daarvoor in de gids gewaarschuwd. Voor of tijdens de navigatie moet altijd naast de kaart ook de zeemansgids geraadpleegd worden.

De leider der opnemingen heeft in de bestaande zeemansgidsen een duidelijk voorbeeld, welke gegevens, die tot de samenstelling van een zeemansgids zullen dienen, moeten worden verzameld.

De gegevens voor de zeemansgids begint de leider der opneming als aantekeningen van de eerste dag af te verzamelen; dadelijk na afloop der opneming worden deze tot een geheel verwerkt, aangezien dan alle belangrijke punten nog vers in het geheugen liggen. Hoe langer men de samenvatting der gegevens zou uitstellen, hoe meer de herinnering aan plaatsen en gebeurtenissen zal vervagen.

Nadat alle gegevens verzameld zijn, worden deze getoetst aan het minuutblad en aan de werkelijkheid. De opnemer verlaat het terrein niet, alvorens hijzelf de zeilaanwijzingen, aanbevolen koersen en merken enz. gevolgd heeft, en gecontroleerd heeft dat deze deugdelijk zijn afgelood en afgedregd.

Hoewel de gegevens voor de zeemansgids opgemaakt worden als aanvulling op de nieuwe of hernieuwde kaart welke als gevolg van deze opneming na enige tijd gepubliceerd zal worden, dienen deze gegevens ook bruikbaar te zijn voor de bestaande kaart. Wordt b.v. verwezen naar een punt, niet voorkomend op de bestaande kaart, dan moet de richting en afstand van dit punt naar een opvallend punt, voorkomend op beide kaarten, opgegeven worden. Het kan natuurlijk voorkomen dat de oude kaart bijna geen gegevens bevat der nieuwe opneming, in welk geval de gegevens alleen toepasselijk zijn op de nieuwe kaart.

In het algemeen dienen de zeemansgidsen geen gegevens te bevatten welke gemakkelijk van de kaart gelezen kunnen worden. In deze zin overbodige gegevens leiden slechts de aandacht van de meer belangrijke gegevens uit de zeemansgids af. Zo zullen b.v. geen richtingen en afstanden tussen punten der kust opgegeven worden, maar wel bij vermelding van ankerplaatsen de aanlooprichtingen van kenbare punten van de kaart om aldus de ankerplaats te kunnen bereiken.

*Volgorde.* Daar de gegevens verwerkt moeten worden in de bestaande zeemansgids, dient bij het opmaken hiervan dezelfde geografische volgorde in acht genomen te worden als in de zeemansgids gevolgd is.

Bij omvangrijke aanvullingen van de zeemansgids, welke gedeeltelijk de bestaande gegevens overlappen, zal het betreffende gedeelte van de gids herschreven worden met invoeging van de nieuwe gegevens.

Bij plaatselijke verbeteringen van de zeemansgids moeten deze woordelijk, in de stijl van het betrokken boekwerk worden opgegeven, onder vermelding van bladzijde en regel waar één en ander geplaatst moet worden, en/of onder mededeling

welke regels of woorden geschrapt moeten worden (jaartal van uitgave van de gids vermelden).

*Contrôle op de zeemansgidsen.* Te allen tijde dient contrôle van al hetgeen in de diverse zeemansgidsen vermeld staat, plaats te vinden. Vele der gegevens welke in de zeemansgids vermeld staan zoals kenbare gebouwen of kenbare bomen of andere punten aan de kust of in het land, zijn woordelijk overgenomen uit de vorige uitgaven, hoewel daarbij geen zekerheid aanwezig was, dat dergelijke punten nog aanwezig of kenbaar waren.

Elke gelegenheid om passerend dergelijke gegevens te controleren, moet benut worden; bijzondere aandacht hierbij te schenken aan merklijnen en aanloopkoersen.

*Informaties.* Het contact dat de opnemer heeft met verschillende autoriteiten zal tevens gebruikt worden om velerlei, voor de zeeman van meer of minder belang zijnde inlichtingen te verkrijgen. Van bestuursambtenaren omtrent land en volk, voortbrengselen, economische vooruitzichten, klimaat, plaatsnamen, visserij enz., van de havenmeesters alle gegevens der havens, bunkeren, seinen, peilschalen, enz. Genoemde inlichtingen zullen zoveel mogelijk gecontroleerd worden.

*Indiening.* De aanvullingen en wijzigingen op de zeemansgids, eventuele landverkenningen inbegrepen, dienen als bijlagen van de hydrografische rapporten te worden ingediend. Bovenaan deze bijlagen wordt aangegeven de naam van het schip en nummer en datum van het hydrografisch rapport.

*Inrichting van de zeemansgidsen.* Voor het invoegen der verkregen gegevens geeft de inrichting der bestaande zeemansgidsen voldoende leiding. Ieder hoofdstuk geeft eerst een algemene beschrijving van het daarin behandelde land- en zee gedeelte en gegevens betreffende verticaal en horizontaal getij, afgedregd gebied, waarschuwingen enz. Daarna volgt een gedetailleerde beschrijving der kust en de gevaren, voor zover dit als aanvulling op de zeekaart nodig is, benevens vaaraanwijzingen en merklijnen. Waar op bepaalde punten nadere gegevens betreffende het verticale en/of horizontale getij bekend zijn, worden deze aldaar vermeld, zo mogelijk met een model getij- of stroombeschrijving. De landverkenningen komen tussen de bijbehorende tekst.

#### *Gedetailleerde beschrijving.*

**K u s t.** Beschreven wordt het aanzicht der kust bij nadering vanuit zee, met beschrijving van de kenbare bergen met hun vorm, kleur en hoogte en van andere kenbare punten; is de kust vlak, dan worden de kenbare objecten als gebouwen, vlaggestokken, e.d. vermeld. Opgemerkt zij dat men spreekt van bergen als de hoogte 500 m of meer bedraagt en van heuvels bij hoogten beneden de 500 m. Van de bergen wordt tevens vermeld of zij gewoonlijk in de wolken zitten of niet en ook als de toppen met sneeuw bedekt zijn. De kust met de nabijliggende gevaren wordt beschreven, dus kapen, baaien, ankerplaatsen, eilanden, rivieren, enz. **V a n k a p e n** wordt gegeven of deze steil, rotsachtig, bebost enz. zijn.

**V a n e i l a n d e n** wordt de hoogte gegeven en of deze kaal of bebost of in cultuur gebracht zijn.

**V a n a n k e r p l a a t s e n** dient medegedeeld te worden of deze meer of minder beschut zijn, de diepte en de grondsoort en of deze goede hougrond bieden of niet. Ook of de ankerplaats geldt voor één of voor meerdere schepen.

Van rivieren wordt de verkenning en het aanlopen van uit zee behandeld en vervolgens de gegevens aangaande de loodsdiens, de verticale getijbeweging en stroom in de monding en hoger op de rivier, de diepte op de drempel(s) en tot hoe ver schepen of boten de rivier op kunnen varen. Verder de vaaraanwijzingen en voorrangsregelingen op de rivier, gegevens over de peilschalen en de afstanden van de plaatsen tot de monding. Ook de breedte der rivier op verschillende plaatsen en of het water geschikt is voor drinkwater of ketelwater; de laatste gegevens alleen op rivieren waar waterladen uit waterleiding niet mogelijk is. Riviergedeelten welke niet pers chip maar wel per motorboot te bevaren zijn, worden in kleine letter gegeven.

Van havens gaat altijd de zeilaanwijzing om op de toegang naar de haven te komen vooraf. Hierna wordt het vaarwater dat toegang geeft naar de haven of rede behandeld. Verder volgen de gegevens over de getijbeweging, loodsdiens, rede met aanbevolen of verboden ankerplaats, diepten, steigers, meerboeien en bijzondere gegevens betreffende watervliegtuigen enz. Aangaande havenfaciliteiten worden gegevens verstrekt betreffende bunkeren, water- en levensmiddelen-voorziening, sleepboten, geneeskundige hulp, dokken, sleepheilingen en reparatiemogelijkheden, verifiëren van kompassen en degaussing en deperming van schepen. Verder worden de communicatiemiddelen over zee, door de lucht en per telegraaf en de bijzondere regelingen voor de haven vermeld. Tijdseinen, havenseinen en stormwaarschuwingseinen, indien aanwezig, worden beschreven en de plaatsen waar deze getoond worden, duidelijk aangegeven.

De binnenhavens, prauwenhavens en stadsbeschrijving volgen in kleine letter.

Afgedregde gebieden worden bij het desbetreffende straat- of zeedeelte behandeld onder vermelding van het jaar waarin het afdreggen plaats vond, daar mede hierdoor de mate van veiligheid bepaald wordt; immers kan na verloop van tijd het diepteverloop gewijzigd zijn en kunnen koraalriffen aangegroeid zijn. Ook de diepte waarop gedregd is, wordt hierbij vermeld.

Gebaggerde geulen. Van vaargeulen welke kunstmatig op diepte gehouden worden, moet in de zeemansgids vermeld worden: „Vaargeul uitgediept tot .... m diepte (jaartal)”. Het jaar van het laatste uitdiepen moet vermeld worden met een aantekening of deze werkzaamheden doorgaan of niet.

Binnenvaarwegen. In de zeemansgids moet voor de binnenvaarwegen verwezen worden naar de desbetreffende officiële publicatie.

Gerapporteerde gevaren. Hiervan moet het jaar van rapporteren in de zeemansgids vermeld worden, benevens naam en nationaliteit van het schip, van hetwelk het rapport afkomstig is. (Na nauwkeurige vastlegging van het gevaar behoeft het jaar niet meer vermeld te worden.)

Centralisatie bureaux. In de zeemansgidsen wordt een opgave van de centralisatie bureaux in het beschreven land, welke de Berichten aan Zeevarenden der verschillende landen ontvangen en ter inzage hebben liggen, gegeven. Voorts een opgave van de Bureaux in Nederland, Indonesië en Suriname en de Ned. Antillen en in het buitenland, alwaar de in Nederland uitgegeven B. a. Z. ter inzage liggen (Centralisatie bureaux, Ned. Consulaten en Havenmeesters).

Geografische aanduiding. Een benaderde geografische positie moet bij het begin van ieder hoofdstuk en onderverdeling staan, terwijl ook in de tekst om de een of twee bladzijden op de geeigende plaats een geografische aanduiding moet voorkomen. Voorts moet bovenaan de bladzijden van de zeemansgids een korte aanduiding der behandelde streek voorkomen.

Aan de voet der bladzijden worden van de op die bladzijden behandelde gebieden de originele kaarten van de grootste schaal vermeld.

*Bronvermelding.* Landen, welke geheel of gedeeltelijk niet-originele zeemansgidsen publiceren, moeten volledig de bron, dus titel en jaartal der originele gids aangeven, waarop de uitgegeven gids of hoofdstukken daarvan, berusten.

Bij compilatie van geheel of gedeeltelijk niet-originele gidsen dienen de originele gidsen van het beschreven land te worden gebruikt.

*Uitdrukkingswijze.* In alle zeemansgidsen dient eenheid van uitdrukking te zijn. Vermeden wordt b.v. N, E, Slijk, SElijk, maar men gebruikt Noord, Oost, Zuidelijk, Zuidoostelijk. Overigens worden de afkortingen gebruikt als aangegeven op Ned. krt. no. 1 „Lijst van Tekens en Afkortingen”.

Men gebruikt de uitdrukkingen Westenwind voor wind die uit het Westen waait, stroom om de Oost voor stroom die Oostwaarts trekt. Verder spreekt men van verticale getijbeweging en vermijdt andere uitdrukkingswijzen hiervoor.

Tweeërlei uitleg van wat neergeschreven wordt, moet absoluut uitgesloten zijn. Men gebruike b.v. nimmer de uitdrukkingen:

- a. Men passeert de witte ton aan SB.
- b. Rechterkant moskee in lichtopstand.
- c. Men houde de lichtenlijn om de Noord open.  
doch b.v.
- a. Men passeert beWesten langs de witte ton.
- b. Noordoostkant moskee in lichtopstand.
- c. Men blijve even beNoorden de lichtenlijn.

*Namen.* Gestreefd moet worden naar eenheid van spelling der aardrijkskundige namen. Als leidraad dient genomen te worden de laatste druk van de officiële lijsten van aardrijkskundige namen m.d.v. dat zo min mogelijk wijziging wordt gebracht in „historische namen”. Vele namen komen echter in genoemde lijst niet voor. Men gebruike dan de meest waarschijnlijke spelling. Wijkt deze weinig af van die op een topografische kaart welke berust op een definitieve opneming, dan is het aan te bevelen de spelling van de topografische kaart over te nemen.

Is van een plaats een Nederlandse naam bekend welke vanouds gebruikt is en ook een inheemse naam, dan wordt deze laatste tussen haakjes achter de Nederlandse naam geplaatst b.v. „Varkenshoek (Tg. Tua)”.

Bij het verzamelen van namen dient hieraan de meeste zorg besteed te worden. Men bedenke bij het verzamelen van namen dat in de zeemansgidsen (en op de kaarten) alleen geheel juiste en ter plaatse gebruikelijke namen mogen voorkomen. Men zij daarom zeer critisch bij het uitzoeken van personen aan wie men namen wil vragen. Voor contrôle dient men nieuwe namen aan meerdere personen te vragen.

De namen op de zeekaart en in de zeemansgidsen mogen niet verschillen.

*Eenheid in gebruikte maten.* Alle richtingen, afstanden, diepten en hoogten in de verschillende opgaven moeten steeds op eenzelfde wijze of in een zelfde eenheid worden uitgedrukt.

Koersen en peilingen zijn volgens ware richting; de peilingen, die op de lichten betrekking hebben en de peilingen die onder de landverkenningen

staan, zijn gerekend uit de standplaats van de waarnemer. De aanduiding van de plaats van een obstructie, een rif, e.d. kan plaats hebben door richting en afstand *vanuit* een bekend punt op te geven.

*Afstanden* worden gegeven in zeemijlen van 1852 meter dan wel in meters.

*Diepten* worden opgegeven in meters of decimeters en, indien niet voorzien van een nadere aanduiding aangaande de waterstand, herleid tot het in het beschreven land geldende reductie-(kaart-)vlak.

*Hoogten* van terreinvoorwerpen, bergen, eilanden enz., worden opgegeven in meters boven middenstand; bij bergen en eilanden met inbegrip der begroeiing. Opgemerkt wordt dat de topografische hoogten gelden voor de grond. In Indonesië en Nieuw Guinee wordt (bij onzekerheid) voor het verschil tussen grondhoogte en hoogte der boomtoppen een vast bedrag van 30 m aangenomen.

Hoogten van zandbanken of rotsen, welke bij een bepaalde stand van de verticale waterbeweging droogvallen, worden opgegeven in dm boven het reductievlak der kaart.

*Landverkenningen.* Deze zijn een waardevolle aanvulling op de geschreven tekst van de zeemansgids. Zij maken het de zeeman mogelijk reeds bij het in zicht lopen van land door peilingen plaats te kunnen bepalen op herkenbare punten. Voor vervaardiging, hiervan zie par. 11.3.

*Gebruik zeemansgids.* Men gebruike de zeemansgids altijd te zamen met het laatst verschenen jaarlijkse aanvullingsblad en de B.a.Z., welke na het verschijnen van zeemansgids of aanvullingsblad zijn gepubliceerd.

De aanvullingsbladen welke jaarlijks verschijnen, en de B.a.Z. dienen niet te worden verknipt om ter bijwerking van de zeemansgids te worden ingeplakt, aangezien dit de overzichtelijkheid en de bruikbaarheid van de gids schaadt. Het aanvullingsblad en de B.a.Z. dienen immer naast de zeemansgids te worden geraadpleegd.

Van B.a.Z., betrekking hebbende op de zeemansgids, dient het nummer op de desbetreffende bladzijde ter juister plaatse in margine en bovendien op de daartoe bestemde bladzijden voorin het boek te worden aangetekend.

## XVI. HYDROGRAFISCHE BESCHEIDEN

## 16.1 Hydrografische rapporten

(1) De hydrografische rapporten behoren een duidelijke beschrijving vanaf het begin tot het einde der opneming te geven. De rapporten moeten kort en bondig, echter volledig en niet voor tweërlei uitleg vatbaar, worden opgesteld. Zij vormen de grondslag, waarop het Bureau Hydrografie zijn besluiten neemt omtrent netswijzigingen en aansluitingen; zij moeten een duidelijk beeld geven van de bereikte nauwkeurigheid en zijn — in verband met de in den Haag getrokken conclusies en beslissingen — veelal een bron voor studie en vorming voor toekomstige opnemers.

Voor al de methode van basismeting en trianguleren, de ondervonden moeilijkheden en op welke wijze deze opgelost werden, zijn van veel belang. Adviezen omtrent het verwerken van de opneming in de kaart, voorstel tot netswijziging e.d., mits goed geargumenteed, zijn onmisbaar.

Indiening der rapporten aan de Chef der Hydrografie en aan door deze aan te wijzen instanties vindt plaats na elke reis. Indien gedurende één torn op meer dan één terrein is opgenomen, dan dienen deze opnemingen in twee afzonderlijke hydrografische rapporten behandeld te worden.

(2) Het hydrografisch rapport wordt overzichtelijkheidshalve als volgt ingedeeld:

a. *Hoofd:* Hydrografisch Rapport no. ....

Naam schip

Van ..... tot ..... (duur torn)

Gebruikte tijd: ..... (t.o.v. MTG)

Terrein: .....

Zeekaart no. ....

Bijlagen:

1. ....

2. ....

3. ....

- b. *Inleiding*, gevende kort verslag van de reis en van bijzonderheden, welke niet onder te brengen zijn in één der volgende paragrafen, enz.
- c. *Triangulatie*. Eventueel vermelden punt van uitgang en hoe verkregen, basismeting, contrôle-azimuths enz. Voorts hoe de triangulatie plaats vond, wijze waarop hoeken gemeten (theodoliet, sextant, aantal series enz.), sluitfouten in driehoeken, vierhoeken enz., hoe vereffening plaats vond, middelbare fouten en verdere bijzonderheden.
- d. *Beloding* (c.q. dregwerk). Schaal waarop opgenomen, kustbepaling (insnijden, luchtfoto's of aflopen), evenwijdige tochten, slagafstand, berglandschap (zelf bepaald of contrôle van Top. kaart), kenbare punten enz.
- e. *Reductie*. Plaatsing peilschalen, wijze van reduceren, gekozen reductievlak met motivering, waargenomen series enz.
- f. *Stroomwaarnemingen*. Hoe deze plaats vonden. Getij- en/of moessonstroom met overheersende windrichting enz.
- g. *Observaties*. Indien deze plaats vonden, soort instrument vermelden; gegevens voor beoordeling nauwkeurigheid enz.

- h. *Weersomstandigheden* gedurende de torn; wind, regen, zee, deining, zicht, moesson enz.
- i. *Opmerkingen* b.v. welke bescheiden (registers, werkbladen enz.) werden ingediend, op welke datum en aan wie enz.
- j. *Algemeen* b.v. waar de volgende torn zal worden opgenomen; hoe lang een reparatie zal duren; gezondheidstoestand; eventuele opmerkingen over personeel en materiaal enz., zonder details hiervan, welke desgewenst per afzonderlijk schrijven vermeld dienen te worden.

(3) Met het oog op een doelmatige verdeling van de gegevens van verschillende aard over het archief van het Bureau Hydrografie moeten wetenswaardigheden van bijzondere aard betreffende kaarten, gidsen, getijden als anderszins niet in de hydrografische rapporten maar elk op een *afzonderlijke* bijlage daarvan vermeld worden.

A. *Verplichte* bijlagen zijn:

- a. *Calque* van bestaande kaarten aangevende meridianen en parallellen, kustlijn en enkele belangrijke namen. Hierop voorts aangeven:

Hydrografisch Rapport no. ....

Naam schip

Bijlage no. ....

Kaart no. .... Schaal 1 : ....

Opgelood (c.q. gedregd) op schaal 1 : ....

Voorts naam en plaats der bakens en in twee kleuren de primaire en secundaire driehoeken (met aangegeven bepalende hoek) en in een andere kleur het opgelode (c.q. afgedregde) gebied.

Eventueel op snijding gelegde bakens of lodingpunten in afzonderlijke kleur. Basis of contrôle basis en contrôle azimuths worden opvallend aangegeven.

- b. *Bakenlijst*. Primaire bakens onderstrepen; meridiaan van stelling (b.v. Djakarta Nieuw of Oud). Voorts 4 kolommen met naam, breedte, lengte (beide in honderdste seconden nauwkeurig) en op welke 2 andere bakens vastgelegd.

B. *Eventuele* bijlagen bij voorkomende gelegenheid:

- c. *Lijst van gevaren* met voor de scheepvaart belangrijke ondiepten, wrakken enz., gevende geografische ligging (vermelden Djakarta Oud of Nieuw), afmetingen, minste water, grondsoort, al of niet afgedregd, nummer telegrafische melding aan wie enz.
- d. *Opgave getijconstanten* (c.q. stroomconstanten) met benaderde constanten, getijbeschrijving voor de zeemansgids, benevens de volledige becijfering, welke laatste alleen in enkelvoud aan de Chef der Hydrografie wordt verzonden.
- e. *Wijzigingen zeemansgids* en andere hydrografische boekwerken (zie hfdst. XV), eventuele landverkenningen inbegrepen.
- f. *Wijzigingen zeekaarten* (hierbij steeds vermelden nummer, jaartal van uitgave (midden onder), hernieuwde uitgave (rechts onder) en druk (links onder) van de betrokken kaart).
- g. *Voorstel inpassing*. Eventueel wordt een voorstel tot inpassing der opneming in de bestaande kaart bijgevoegd (zie par. 8.7).



Voorts worden eventuele bijlagen met gegevens, welke o.a. door informatie bij andere diensten en bij de scheepvaart verkregen zijn, aan de Chef der Hydrografie verzonden.

Tenslotte worden bijzonderheden van onmiddellijk belang voor de algemene scheepvaart direct gemeld aan de belanghebbende autoriteiten.

Zo nodig worden deze meldingen telegrafisch gedaan. Schriftelijke bevestiging, onder overlegging van een calque of schetstekening, is dan nodig. Zie ook par. 14.13 laatste alinea.

## 16.2 Hoekmeet- en bakenregister

In dit register worden opgenomen de resultaten van alle bij de triangulatie verrichte hoek- en lengtemetingen, benevens azimuthbepalingen.

Het register moet zodanig worden opgezet, dat een hydrografisch deskundige, die niet aan de betreffende opname heeft deelgenomen, in staat is daaruit de meetkundige grondslag van de kaartering te reconstrueren en tevens de nauwkeurigheid te beoordelen.

De resultaten van de metingen worden daarbij gegroepeerd naar de punten waar zij verricht zijn, b.v. triangulatiepunten (met vermelding van naam) of verankerde schepen (met vermelding van nummer ankersnellius). Bij theodolietmetingen worden de uitkomsten van de verschillende series afzonderlijk vermeld voor de beide kijkerstanden. Voor metingen met sextant worden de metingen afzonderlijk vermeld, terwijl tevens de metingen vermeld worden welke gedaan zijn ter bepaling van de indexcorrectie en ook de doosfout vermeld wordt. Het daaruit bepaalde gemiddelde en de uiteindelijk gecorrigeerde hoekwaarde wordt tenslotte ook gegeven. De bedoeling hiervan is, dat de waarde van de waarnemingen uit het meetregister beoordeeld kan worden, en eventuele tekortkomingen aan de regeling der instrumenten kunnen blijken. De lengtemetingen worden in het register op zodanige wijze vermeld, dat zij aan de zo juist genoemde voorwaarden voldoen.

Bovenaan onder de naam van het baken dienen vermeld te worden de datum van plaatsing, de grootte van het baken en de kleur van de vlag, aanwijzingen tot terugvinden van de plaats, eventueel vermelding geplaatst pilaartje (zie par. 3.5 en 16.6) of b.v. op 10,4 meter N 120° E van kenbaar rotsblok; aanwijzingen hoe de plaats te bereiken is, c.q. naam en kwaliteit van personen in de buurt, die inlichtingen kunnen geven; naam en kwaliteit van officier-leider en leden van de baakzetploeg. Hierna volgen alle gemeten triangulatiehoeken en hoeken gemeten bij de rondmeting en, vergezeld van een tekening, de gegevens van eventuele buitenbaaksmeting, waarbij aandacht besteed wordt aan juiste onderlinge richtingen en afstanden en waarbij op de schets steeds een Noordrichting wordt aangegeven. Soort en nummer van het gebruikte instrument worden steeds vermeld.

Al deze gegevens zijn afkomstig uit de meetboekjes (par. 16.3); op duidelijke wijze moet blijken dat de ingeschreven gegevens met die uit het meetboekje zijn gecollationeerd.

Voor ieder afzonderlijk opnameterrein wordt een afzonderlijk hoekmeet- en bakenregister aangelegd. Bij locale opnemingen van beperkte omvang kan men één register voor een bepaald gebied aanleggen. Het register vermeldt op het titelblad het terrein van opneming, jaartal en naam schip. Achter in het register wordt een index opgenomen.

### 16.3 Meetboekje

In het meetboekje worden *alle* aflezingen van instrumenten genoteerd, met vermelding van plaats der meting en naam en kwaliteit van de metende officier en van de opschrijver, benevens datum der meting en soort en nummer van instrument.

Alle bijzonderheden, welke ook maar enigszins van belang kunnen zijn, worden vermeld. Men late niets aan het geheugen over aangezien dit een hoogst onvolledige bron van informatie is, gezien de veelheid van indrukken welke op één enkele dag wordt opgedaan.

Het meetboekje wordt uitsluitend gebruikt voor het noteren van gegevens, welke betrekking hebben op de meetkundige grondslag in de ruimste zin van het woord, d.w.z. met inbegrip van snijdingen op eilanden en bergtoppen.

Vóór in de meetboekjes, welke gemerkt dienen te zijn met de naam van de officier aan wie ze zijn uitgereikt, behoort nevens de datum ook het meetpunt genoteerd te worden, b.v. „13 Augustus 1951, Metingen uit baak „Wolf“, ltz. Vos". De meetboekjes mogen niet weder op tochten worden medegenomen, alvorens de inschrijving van vorige metingen in het hoekmeet- en bakenregister heeft plaats gehad en door de betrokken officier is gecollationeerd.

### 16.4 Triangulatieregister

In het triangulatieregister wordt, *met tekeningen verduidelijkt*, de wijze van triangulatie beschreven. Men begint met de opzet van de triangulatie in het kort — maar duidelijk — te vermelden en tenslotte de aangenomen definitieve waarden van het punt van uitgang, de basis en het geobserveerde azimuth.

Daarna volgen in het triangulatieregister de figuren gevormd door de geplaatste bakens, natuurgetrouw getekend. Alle vereffende gegevens, welke voor de berekening gediend hebben, worden overzichtelijk aangetekend benevens de berekende (log)-afstand en richting waaruit een baken uit een voorgaande werd bepaald.

Is een punt uit meer dan één driehoek dan wel uit andere verschillende gegevens verkregen, dan moet worden vermeld welke uitkomst tenslotte is aangenomen voor verder gebruik in de triangulatie. Achter alle gegevens worden, zoveel mogelijk, de middelbare fouten geschreven. Uit de vooraangaande toelichting moet duidelijk blijken of men met middelbare, dan wel met waarschijnlijke fouten heeft gewerkt.

Alle berekeningen van de triangulatie behoren door twee officieren te worden uitgevoerd. Het is wenselijk in het triangulatieregister aan te tekenen door wie de verschillende uitkomsten zijn verkregen, aangezien dit gemak geeft bij nasporingen van eventueel later aan de dag tredende fouten. Achter in het triangulatieregister legge men een bladwijzer aan van de berekende punten. De becijferingen in de cijferboeken der officieren dienen ordelijk en overzichtelijk te geschieden met de nodige bijschrijvingen, zodat het nagaan van de berekeningen, bij ontstentenis van de betrokken officier, te allen tijde mogelijk is. Van alle gegevens moet blijken dat zij gecollationeerd zijn.

De aan boord van het opnemingsvaartuig verrichte berekeningen leveren zelden definitieve coördinaten. Het verdient daarom aanbeveling voldoende ruimte open te laten voor het eventueel later op het Bureau Hydrografie bijschrijven van definitieve coördinaten. Dit kan b.v. geschieden, door alleen de linkerbladzijden van het register te beschrijven.

### 16.5 Scheepscijferboek

Elk officier krijgt aan boord een eigen cijferboek, dat een onderdeel vormt van het opnamearchief en dus niet door hem mag worden behouden. Als regel worden alle hem opgedragen hydrografische berekeningen (uitgezonderd getij- en stroombecijferingen) hierin verricht.

Bovendien wordt aan boord aangelegd een *scheepscijferboek*, waarin *alle* uitgevoerde hydrografische becijferingen — uitgezonderd getij- en stroombecijferingen, waarvoor speciale formulieren bestaan — worden opgenomen. Waar alle becijferingen aan boord dubbel worden uitgevoerd, d.w.z. door twee officieren, die uitsluitend het eindresultaat met elkaar vergelijken, zal één dezer officieren de berekening uitvoeren in het scheepscijferboek. Het verdient aanbeveling hiervoor een vast officier aan te wijzen, dan wel een regel vast te stellen wie van de twee officieren hierin moet werken b.v. de oudste of die met het beste handschrift.

Nadrukkelijk wordt onder de aandacht gebracht:

- a. bij het maken der tekeningen moeten richtingen en afstanden natuurgetrouw worden weergegeven.
- b. ook dit boek moet begrijpelijk zijn voor een buitenstaander, d.w.z. men kan niet volstaan met het neerschrijven van getallen; wel degelijk moeten in de eerste kolom de uitgevoerde bewerkingen vermeld staan.

### 16.6 Pilaartjesregister

In dit register worden de pilaren — geplaatst ter aanduiding van belangrijke punten — vermeld met alle van belang zijnde gegevens, o.a.: afmetingen en hoogte boven het aardoppervlak, grondsoort, diepte pilaar onder de grond en aangebrachte merken. Voorts aanwijzingen tot terugvinding van de plaats aangevuld met een duidelijke situatieschets en ten slotte de coördinaten van de pilaar verkregen uit astronomische observaties c.q. door berekening uit de triangulatie.

Zie ook par. 3.5 en 16.2.

### 16.7 Reductievlakregister

De plaatsen, waarvan de ligging van de middenstand en het reductievlak zijn bepaald t.o.v. een verkenmerk worden vermeld in het reductievlakregister. Alle gegevens, welke kunnen dienen om de middenstand terug te vinden moeten worden vermeld.

De verkenmerken moeten zodanig worden omschreven, dat zij aan de hand daarvan kunnen worden opgespoord, terwijl de overwegingen, welke tot de keuze van dit vlak geleid hebben, daarin moeten worden neergelegd. Het verkenmerk moet een solide voorwerp zijn; geen klapperboom aan de rand van het strand, geen gammelhouten landingsteigertje; ook bakens in zee zijn hiervoor ongeschikt, daar zij, speciaal in zachte bodem, op de duur scheef kunnen gaan staan. De middenstand van de peilschaal bringe men eventueel door waterpassing met de theodoliet landwaarts over tot daar een *duurzaam* merk kan worden aangebracht of opgebouwd. Voor de eisen waaraan de peilschaal moet voldoen zie par. 2.17.

Aangezien de ligging van de middenstand, speciaal in rivieren, afhankelijk is van het jaargetij (moesson), moet steeds vermeld worden in welke periode de middenstand werd bepaald benevens het toen berekende en aangenomen reductievlak voor de opnemng.

### 16.8 Peilschaalboekje

Hierin worden genoteerd de peilschaalwaarnemingen met vermelding van datum en tijd (zone-, standaard- of plaatselijke tijd opgegeven als MTG plus of min een bepaald aantal uren) welke gebezigd is.

Voorts moet een duidelijke aanwijzing van de plaats van de peilschaal, eventueel aangevuld met lengte en breedte en de naam van het schip, vermeld worden.

Duidelijk wordt vermeld de uitgeoefende contrôle op de horloges der waarnemers.

### 16.9 Lodingregister

Evenals alle andere registers moet het lodingregister gemerkt zijn met de naam van het schip, het opnameterrein en het jaartal.

Lodingregisters zijn een volledige copie (met inkt geschreven) van de lodingboekjes (par. 16.10). Deze copie wordt gemaakt zo kort mogelijk na afloop van de tocht; op duidelijke wijze moet blijken dat het register met het lodingboekje gecollationeerd is.

Lodingregisters worden gemaakt, omdat de diverse gegevens gedurende een lodingtocht door weersomstandigheden of tengevolge van de beweeglijkheid der sloep gewoonlijk niet op nette wijze kunnen worden genoteerd. Bij loden met echolood en gunstige omstandigheden worden de gegevens der lodingtocht ook wel rechtstreeks (in inkt) in het lodingregister opgetekend.

De lodingtochten worden op het constructieblad geconstrueerd aan de hand van de lodingboekjes. Het minuutwerk geschiedt echter met behulp van de registers, waarin tevoren de gereduceerde dieptecijfers zijn ingevuld achter de gelode diepten; bij echolodingen worden de reducties vermeld op de rollen, welke moeten worden beschouwd als bijlagen van de lodingregisters. Deze rollen moeten dus met zorg worden opgeborgen in goedsluitende bussen, op welke duidelijk moet worden aangetekend: jaartal, terrein, lodingtocht met snelliusnummers, nummer lodingregister en datum.

Opeenvolgende registers van eenzelfde terrein worden doorlopend genummerd evenals de echoloodrollen.

Indien bij het constructie- of minuutwerk blijkt, dat bij het overschrijven fouten zijn gemaakt, kunnen deze zonder meer worden verbeterd. Indien echter fouten in het origineel worden verondersteld, b.v. een hoek vijf graden fout afgelezen, moet hierover met de commandant worden overlegd, alvorens veranderingen worden aangebracht en alsdan moet zulks *kenbaar* worden gedaan, dus met andere inkt of met een aantekening, nooit met raderen o.d.

### 16.10 Lodingboekje

Hierin worden alle gegevens van een lodingtocht genoteerd. Ook hier dient niets aan het geheugen te worden overgelaten en niet in getallen of symbolen uit te drukken gegevens kort, maar duidelijk, te worden omschreven. De leidende officier moet scherpe aandacht besteden aan het noteren door de opschrijver van juiste tijden, hoeken, diepten, gestuurde koersen, enz.

Het titelblad wordt gemerkt met de naam van het schip, het terrein van opneming en volgnummer van het boekje, terwijl tevens vóór op de omslag van het boekje de data en snelliusnummers van alle erin opgenomen tochten worden aangetekend.

### 16.11 Stroomregister en stroomboekje

Hierin moet worden vermeld de naam van het vaartuig dat de stroomwaarnemingen heeft verricht en de wijze waarop de waarnemingen werden verkregen. Overigens geldt hiervoor hetgeen vermeld is in par. 16.8.

### 16.12 Wrakkenregister

In dit register worden de volgende gegevens in kolommen vermeld: nummer (doorlopend), gemeten hoeken, breedte en lengte, afgedregd op, gereduceerde minste diepte door loding (indien afdreggen niet is geschied), symbool in de kaart aan te geven, betrokken kaartnummers, bronvermelding (verwijzing naar hydrografisch rapport of andere bron), gepubliceerd in B.a.Z. (eventueel later in te vullen), toelichting (b.v. naam van het schip; wat zichtbaar is van bovenbouw enz.).

Op opnemingsvaartuigen overzee is een *register van gevaren* in gebruik, dat in dezelfde kolommen is ingedeeld als het wrakkenregister en waarin tevens aanwezige wrakken worden vermeld. In dit register wordt bij ondiepten steeds de grondsoort vermeld.

### 16.13 Overzichtskaart

Dit is een zeekaart van geschikte schaal, aangevende, meer speciaal voor een omvangrijk gebied, de uitgevoerde triangulatie, het opgelode (c.q. afgedregde) gebied met namen en in kleuren als vermeld in par. 16.1 sub (3) A.a.

Voorts dienen hierop te staan pilaren, plaatsen voor terugvinden gebruikte reductievlakken, berekende permanente punten enz., één en ander met verwijzing naar ingediende hydrografische rapporten. Eventueel wordt op de achterkant van de kaart e.e.a. in het kort toegelicht.

Het doel van deze kaart is om, in de verre toekomst, als klapper te dienen voor het nagaan van gegevens uit het verleden en tevens een duidelijk inzicht te geven in de gevolge werkwijze der opneming.

### 16.14 Lijst van Opaldi's

De berichten, betreffende onnauwkeurigheden of afwijkingen van de kaart, ondiepten, wijzigingen dieptelijnen, uitgewerkte landhoeken enz. worden op het Bureau Hydrografie aangetekend in een lijst van opaldi's (opnemingen algemene dienst).

Ze worden van een doorlopend nummer voorzien met aantekening van alle gegevens, zo volledig mogelijk, met bronvermelding. Aangezien er als regel niet steeds een opnemingsvaartuig voor algemene diensten beschikbaar is, kan het behandelen van vele opaldi's pas plaats hebben, wanneer deze te combineren zijn met de reizen der opnemingsvaartuigen.

De opnemer behoort aldus steeds bekend te zijn met de opaldi's, welke in zijn terrein of in de nabijheid daarvan liggen, en hiertoe eventueel verstrekte opaldi-lijsten nauwgezet bij te houden.

Indien een opaldi is afgedaan, zal hij dit vermelden in het hydrografisch rapport.

Bij ieder exemplaar der opaldilijst behoort een overzichtskaart der opaldi's, waarop deze alle aangegeven zijn onder vermelding van nummer. Hierdoor is het bij het maken van een reis mogelijk om met een oogopslag te zien welke opaldi's in aanmerking komen om op die reis behandeld te worden. Ook deze overzichtskaart behoort steeds bijgehouden te worden voor nieuwe of vervallen opaldi's.

## XVII. KARTOGRAFIE

### 17.1 Inleiding

Het doel van alle hydrografische opnemingen is de veiligheid der navigatie te verhogen en de uitvoering ervan zoveel mogelijk te steunen en te vereenvoudigen.

Om dit doel te bereiken wordt o.a. het werk van de opnemer kartografisch omgewerkt en het resultaat van deze arbeid in een zeekaart vastgelegd.

Een zeekaart verschilt essentieel van een landkaart, daar eerstgenoemde groten-deels voor het oog onzichtbare details omvat, zoals diepten, gevaren onder water enz., terwijl alle bijzonderheden, welke op een landkaart voorkomen, over het algemeen visueel aan de werkelijkheid kunnen worden getoetst.

Vele details van het land, die voor de zeeman van geen belang worden geacht, worden op de zeekaart weggelaten.

Een goede zeekaart kan worden vergeleken met een wetenschappelijk instrument, dat zorgvuldig is uitgedacht, vervaardigd en gejusteerd en behoort niet slechts een conglomeraat van beschikbare gegevens te zijn.

Terwijl het streven van de opnemer moet zijn op zijn minuutblad alle details te geven, die de tekenmogelijkheden hem bieden, wordt op de zeekaart een dusdanige rigoureuze selectie toegepast, dat, terwijl geen noodzakelijke details worden weggelaten, de kaart niet mank gaat aan te veel gegevens en goede leesbaarheid verzekerd blijft.

Belangrijke details moeten in het oog springen; minder belangrijke details moeten duidelijk zijn aangegeven, maar mogen niet domineren.

Het verband van de opneming wordt zonodig gewijzigd, teneinde inpassing in het bestaande verband mogelijk te maken.

### 17.2 Ontwerpen van nieuwe kaarten

Nieuwe kaarten worden ontworpen, indien de eisen der scheepvaart dit noodzakelijk maken.

Indien materiaal aanwezig is, dat de vereiste gegevens bevat, kan de kaart uit dit materiaal worden samengesteld; indien de beschikbare gegevens leemten bevatten dan wel geheel of ten dele onjuist of onbetrouwbaar zijn, moet de samenstelling van de kaart wachten, totdat de opnemer deze gegevens aangevuld of verbeterd heeft.

Twee belangrijke factoren beheersen de opzet van een nieuwe kaart, n.l. de schaal en de maximale afmetingen, die de kaart mag hebben.

De ervaring heeft geleerd, dat de juiste werkwijze is, zoveel mogelijk gebruik te maken van standaardschalen.

Voor de hieromtrent bij de Nederlandse Hydrografie geldende regels kan worden verwezen naar de „Algemene toelichting op de samenstelling en het gebruik van de Nederlandse zeekaarten, enz.“, uitgegeven door de Afdeling Hydrografie van het Ministerie van Marine, uitgave 1949.

Afwijkende schalen worden somtijds gebruikt, indien hiertoe dwingende redenen bestaan, zoals beschikbare ruimte, bijzondere geaardheid van het terrein, bijzondere eisen van de scheepvaart, enz.

Over het algemeen worden de kaarten van de Nederlandse wateren op een grotere schaal geкартеerd dan de kaarten betreffende de Oost Indische Archipel en West Indië, door de grote hoeveelheid aanwezige details.

Bij het vaststellen der grenzen moet in de eerste plaats rekening worden gehouden met de maximum afmetingen, die de kaart mag hebben in verband met druktechnische eisen. Verder moet rekening worden gehouden met de eisen der scheepvaart. Zo moet op de kaart voldoende land voorkomen, teneinde over de nodige peilpunten te kunnen beschikken. Er moet voldoende ruimte in zee buiten ondiepten en land aanwezig zijn, opdat een veilige navigatie verzekerd is. Overlappen met aansluitende kaarten moeten zo groot worden gemaakt, dat een peiling, afgezet op de ene kaart, zonder bezwaar op de andere kaart kan worden overgebracht.

Om aan deze eisen te voldoen, worden de grenzen der kaarten zo mogelijk jaren van te voren in onderling verband vastgesteld, zodat, alhoewel slechts onmiddellijke vervaardiging van een of meer kaarten op het programma staat, goede aansluiting met later te vervaardigen kaarten verzekerd is.

### 17.3 Gegevens voor vervaardiging zeekaart

De gegevens voor vervaardiging van de zeekaart worden hoofdzakelijk ontleend aan de minuutbladen en rapporten, die door de opnemers worden samengesteld. Voorts worden geraadpleegd de desbetreffende lichtenlijsten, zeemansgidsen, getijgegevens, puntenlijsten, gegevens van andere diensten b v. topografische kaarten, luchtfoto's, enz.

Omvat een kaart tevens buitenlands gebied, dan wordt dat gebied van de zeekaarten van het betrokken land overgenomen in de stijl en de uitvoering, die bij de Nederlandse Hydrografie gebruikelijk zijn.

Indien het aantal gegevens, waaruit de kaart moet worden samengesteld, groot is, verdient het aanbeveling een indexkaartje van het geheel samen te stellen, waardoor een goed overzicht wordt verkregen van het beschikbare materiaal.

Na intensieve bestudering hiervan worden conclusies getrokken, betreffende hun waarde, en wordt nagegaan in hoeverre er gebruik van zal worden gemaakt. Zeer veel aandacht zal worden besteed aan de gebezigde reducties, die zonedig gewijzigd dienen te worden, zodat een samenhangend verband wordt verkregen. Worden, bij het overnemen van buitenlandse gegevens, de reductievlakken niet aangepast aan het eigen werk, dan wordt dit speciaal in de titel der kaart vermeld.

### 17.4 Opzet

Als het ontwerp is goedgekeurd, kan het net worden berekend. Voor de gebruikelijke projecties, zie par. 8.1.

Voor de netsconstructie wordt voor de kaarten van de Nederlandse wateren gebruik gemaakt van reeds in vroeger jaren berekende en in een op het Bureau Hydrografie aanwezig boekwerk opgenomen stereografische coördinaten van de snijpunten van meridianen en parallellen.

De stereografische coördinaten der kenbare punten worden ontleend aan de „Verzamelstaat van kenbare punten met hun coördinaten, ten dienste van de opneming der Nederlandse zeegaten”.

Voor de netsberekening van de kaarten betreffende de Oost Indische Archipel en West Indië zijn gegevens te vinden in de hydrografische tafels, die gebaseerd zijn op de ellipsoïde van Bessel. Gegevens betreffende punten worden ontleend aan de rapporten, coördinatenlijsten en andere bij het Bureau Hydrografie aanwezige bescheiden.

Wordt bij de netsconstructie en bij het afzetten van punten de coördinatograaf gebruikt, dan dienen de hiervoor nodige gegevens in rechthoekige coördinaten bekend te zijn.

### 17.5 Combineren van nieuwe en oude opnemingen

In het net moeten de verschillende gegevens worden ingepast.

Moeilijkheden kunnen ontstaan, indien opnemingen moeten worden gecombineerd, die uit verschillende tijden dateren en die dus gebaseerd zijn op verschillende triangulaties.

Zijn er identieke punten aanwezig, dan wordt over het algemeen rekenkundig aangesloten door middel van een gelijkvormigheidstransformatie aan 2 punten of indien meerdere identieke punten aanwezig zijn, overbepaald, waarbij dan in het laatste geval gezorgd wordt dat de som van de kwadraten der coördinatenverschillen een minimum opleveren. Aan de hand van de, uit de berekening volgende, transformatieformules worden de hoekpunten van het bestaande net getransformeerd, het nieuwe net op het in te passen werk getrokken en dit gebruikt voor de inpassing op de nieuwe kaart.

Bij deze werkwijze wordt aan de inwendige nauwkeurigheid van het werk niet getornd. Uit de berekeningen volgen de waarden van verschuivingen, draaiingen en schaalwijzigingen met hun m.f., waaruit door de cartograaf conclusies over de te volgen werkwijze kunnen worden getrokken. Volgt b.v. uit de berekening een belangrijke draaiing, die aan de hand van gegevens betreffende astronomische peilingen niet te motiveren is, dan kan naar een andere oplossing van inpassing worden gezocht.

Zijn er geen identieke punten aanwezig, dan is het over het algemeen moeilijk een bevredigende oplossing te vinden.

Door het duurzaam aangeven in het terrein van de voornaamste triangulatiepunten tracht men aansluitingen in de toekomst te verzekeren.

In zijn instructie behoort de opnemer opdracht te krijgen om voor de nodige aansluitingspunten zorg te dragen, ook al vallen die buiten zijn opnemingsgebied.

In een uitgebreide triangulatie is het dikwijls noodzakelijk de posities van twee of meer stations astronomisch vast te leggen en zoals in hoofdstuk IV is aangegeven, zullen deze posities zelden overeenkomen met de geodetische waarden, die uit de triangulatie volgen. De verschillen kunnen het gevolg zijn van vele oorzaken, waaronder schietloodafwijkingen (zie par. 4.1.2) en alleen door volledige inachtneming van alle factoren, die erbij betrokken zijn, kan een goede oplossing worden gevonden en het werk op de juiste wijze in kaart worden gebracht.

Goede compilatie van oude en moderne opnemingen, van ruw en nauwkeurig werk enz. vergt langdurige ervaring en een uitgebreide kennis van het beschikbare materiaal. Vaste regels hiervoor zijn moeilijk te geven, daar ieder geval anders is en zijn eigen oplossing vraagt.



Terwijl vroeger door de cartograaf het kaartbeeld op papier in extenso werd getekend en geïnk als model voor de graveur (de zgn. „netkaart”), geschiedt dit thans in eenvoudige gevallen niet meer, doch worden aan de tekenaar aanwijzingen gegeven hoe te handelen. Wordt de kaart samengesteld uit verschillende bronnen, waarbij allerlei aansluitingsmoeilijkheden voorkomen, dan wordt de kaart eerst door de cartograaf op plastic in potlood getekend en daarna door de tekenaar geïnk.

## 17.6 Teken en der kaart

Het tekenen der kaart geschiedt bij de Nederlandse Hydrografie op plastic, dat transparant en vrijwel rek- en krimpvrij is.

Met behulp van de coördinatograaf wordt het net geconstrueerd en worden de aanwezige punten afgezet. Daarna wordt het minuutblad of de calque, waarop de door de cartograaf uitgezochte details voorkomen, in het reductieapparaat (Procota; zie par. 2.43) gelegd en dit instrument zodanig ingesteld, dat zuivere inpassing op het plastic mogelijk is.

Het door het reductieapparaat gereflecteerde beeld wordt met potlood op het plastic overgenomen en daarna geïnk.

Het beslissen, welke van de beschikbare gegevens op de zeekaart zullen worden overgenomen, behoort tot één der voornaamste taken van de cartograaf. Dit omvat onder meer het vermelde in de paragrafen 17.6.1 t/m 17.6.4.

### 17.6.1 Kaartering dieptecijfers en dregstroken

Het selecteren der cijfers van het minuutblad vereist zeer veel concentratie en tijd, daar tenslotte ieder cijfer het oog van de cartograaf moet passeren en beoordeeld dient te worden of het voldoende representatief is om het op de kaart over te nemen. Over het algemeen worden de volgende regels in acht genomen:

Bij een geleidelijk oplopende zeebodem neemt het aantal te plaatsen dieptecijfers toe naarmate het ondieper wordt, m.d.v. dat in gebieden welke door de geringe diepte voor de scheepvaart van geen belang zijn, het aantal dieptecijfers weer sterk afneemt.

Op terreinen met variabele diepten worden meer dieptecijfers geplaatst dan bij een vlakke zeebodem.

Gestreefd wordt naar het aangeven van extreme waarden, dus minste en meeste diepten, waarbij getracht wordt de cijfers zo te kiezen, dat tussen twee elkaar opvolgende cijfers geen mindere diepten op het minuutblad voorkomen, m.a.w. dat men veilig tussen twee elkaar opvolgende dieptecijfers op de kaart mag interpoleren.

Gevaren behoren door een of meer dieptecijfers te worden gedekt, bij voorkeur niet al te dicht bij het gevaar, echter bij steil oprijzende riffen wel, om de steilheid ervan te demonstreren.

De diepten worden vrijwel op alle kaarten aangegeven in meters (en onderdelen) of in decimeters. Decimeters worden over het algemeen slechts gebruikt bij grootschaal kaarten en alleen dan, indien de diepte der vaarwaters i.v.m. de diepgang der schepen zulks wenselijk maakt, omdat kaarten in decimeters door de grote getallen minder prettig aandoen.

Op kaarten, waarop de diepten in meters zijn aangegeven, worden alle diepten groter dan 21 m slechts in volle meters gegeven, terwijl ook bij kleinere diepten en

vooral bij kleinere-schaal kaarten gedeelten van meters zo veel mogelijk worden vermeden, waarbij immer naar beneden wordt afgerond. Indien op oude kaarten gedeelten van meters worden gegeven, wordt immer afgerond tot op kwarten; op nieuwe kaarten wordt het aantal decimeters onder de 21 m op de grotere-schaal kaarten niet afgerond, maar (in kleiner schrift) rechts onder het metercijfer geplaatst.

Droogvalling wordt onderstreept. Scheepvaarthindernissen, welke afgedregd zijn, worden op de grootsteschaal kaart door een dregteken omgeven; 47 betekent afgedregd op 47 dm diepte gereduceerd. Op de kleinereschaal kaarten wordt de afgedregde diepte gegeven, zonder dreghokje.

Grondsoorten worden op het minuutblad zo uitgedund, dat een inzicht in de verdeling der grondsoorten mogelijk blijft en zodanig schaars gezet, dat het lezen der diepten er niet door belemmerd wordt. Speciaal op detail- en plannenkaarten zullen de aangebrachte grondsoorten een inzicht moeten geven in de hard- of weekheid van drempels, aard der gevaren, aard van de droogvallingen i.v.m. eventuele landingen, enz.

Diepzeelodingen worden uit het beschikbare materiaal van expedities, scheepsrapporten, enz. na bestudering en het eventueel aanbrengen van correcties op de kaart overgebracht.

Voor dieptelijnen wordt verwezen naar Ned. krt. no. 1 (lijst van tekens en afkortingen). Indien het wenselijk wordt geacht op de kaart een dieptelijn aan te brengen, die niet op genoemde lijst voorkomt, dan wordt deze dieptelijn met verklaring in de titel der kaart vermeld.

Over het al dan niet aanbrengen en schaven van dieptelijnen zijn moeilijk regels te geven. Dieptelijnen om diepere gedeelten in een minder diep terrein worden meestal weggelaten. Alleen indien zij aanwijzingen kunnen geven voor de navigatie worden zij aangebracht.

Dieptecijfers van gelijke diepte als een der dieptelijnen vallen immer daarbinnen.

Losliggende ondiepten worden immer omgeven door de naasthogere dieptelijn, dan wel eventueel van gelijke diepte; nooit worden twee dieptelijnen rond een dergelijke ondiepte getrokken, tenzij de afmeting der bank daartoe noopt.

Indien bij het combineren van verschillende opnemingen dieptelijnen niet aansluiten, wordt het aantrekken der dieptelijnen meestal vermeden en indien het plaats vindt, geschiedt zulks immer naar de veilige kant.

Het voordeel van het niet aantrekken van dieptelijnen bestaat daarin dat, hoewel de fraaie aanblik van de kaart geschaad wordt, dit leidt tot een juistere interpretatie van de waarde van de kaart.

Voor de uitvoering van dregstroken kan worden verwezen naar Ned. krt. no. 1 (lijst van tekens en afkortingen).

In verband met het feit, dat bij de kaartering van dregstroken zich vele moeilijkheden kunnen voordoen, zal hierop wat dieper worden ingegaan en zullen meer uitgebreide richtlijnen worden gegeven.

Het doel van de dregstrook op de kaart kan zijn:

- a. een veilige doorvaartroute aangeven voor schepen met een bepaalde maximum diepgang;
- b. het aangeven van gebieden welke tot een bepaalde diepte zijn afgedregd.

Het „lappendeken“-uiterlijk van het dregblad moet worden verwerkt tot een voor de zeevarende duidelijk, overzichtelijk en rustig kaartbeeld.

Het scheppen van een rustig kaartbeeld vereist in het algemeen samenvoeging van gedeelten, welke op verschillende diepten zijn afgedregd, tot een enkel gebied, hetwelk geкартеerd wordt als te zijn afgedregd op de minste dezer dregdiepten.

Voor het bepalen van een dregdiepte voor schepen met een bepaalde diepgang, dient op de diepgang der schepen een marge toegepast te worden, welke marge afhankelijk is van plaatselijk te verwachten omstandigheden (zeegang, deining enz.). Stelt men de maximum diepgang van schepen op 11,2 m, dan zal deze onder bedoelde omstandigheden variëren tussen 12 en 14 m. Bovendien zal echter bij het bepalen der dregdiepte zo mogelijk een surplus toegepast worden voor de in de eerste tientallen jaren te verwachten aangroei van koraalriffen.

Elk afgedregd terrein moet voldoende breed zijn om erin te kunnen navigeren.

De dregcijfers geven, evenals de dieptecijfers, de gereduceerde dregdiepten aan. In dregstroken, waarin een drempel voorkomt en een schip door tijstoppen een HW kan afwachten, zal men bij voorkeur de dregdiepte niet minder kaarteren dan de drempel-dregdiepte plus rijzing ter plaatse.

Indien door havenautoriteiten voor havens e.d. maximum diepgangen voor schepen zijn vastgelegd, dan zal dit vaak ook van invloed zijn op de dregdiepten waarop aanloopstroken dienen te worden geкартеerd.

Een wrak wordt in een dregstrook altijd als gevaarlijk geкартеerd, tenzij het tegendeel door afdreggen is gebleken. Een wrak ontstaan in een reeds bestaande dregstrook wordt verduidelijkt door het bijschrift „Rap” met jaartal.

Voor de kaartering van dregstroken zijn nodig nautische kijk, raadpleging van kaarten en zeemansgids en eventueel oordeelkundige samenvoeging van gebieden op verschillende diepten afgedregd. Men kan hierbij onderscheiden:

a. *Ideaal geval.*

Een route dan wel gebied is afgedregd op een constante diepte. Eventueel daarin voorkomende kleine losliggende gevaren zijn door precisie-dreggen afgedregd op minste water.

In de practijk zal blijken, dat deze constante diepte licht varieert. Men brengt de buitenomtrek van het gebied op de kaart over en becijfert dit gebied zeer spaarzaam met de minste der variërende dregdiepten. Om de voornoemde kleine losliggende gevaren (met dieptecijfer) wordt, indien hiertoe ruimte aanwezig is, een binnenbegrenzing gezet, waarbinnen een dregcijfer in paars; dit dregcijfer stelt de gereduceerde diepte voor, waarop de vrijlopende dreg was afgesteld (welke maximaal 1 m mag verschillen met de pikkende dreg).

Bij ruimtegebrek in de dregstrook kan als noodmaatregel het dieptecijfer worden vervangen door het dregcijfer in zwart met zwart kastje. Is een ondiepte gelegen nabij de grens der dregstrook, dan zal die ondiepte buiten de dregstrook gehouden worden.

Heeft dit precisie-dreggen door een omissie niet plaats gevonden, dan wordt het bestaande dieptecijfer en de plek als niet-afgedregd aangegeven.

b. *Normaal geval*

Een vaarwater met geaccidenteerde bodemdiepte is op zeer verschillende diepten afgedregd. Het doel hiervan is of een geschikte doorvaartroute vinden,

of het vaarwater in zijn gehele breedte (dan wel gedeeltelijk) veilig stellen voor verschillende diepgangen afhankelijk van de bodemformatie.

Allereerst zet men de omlijning van de gehele dregstrook op de kaart.

Vervolgens dient op het dregblad, aan de hand van kaart en zeemansgids en met inachtneming van het bovenstaande, nagegaan te worden welke meest diepgaande route (hoofdroute) aangegeven kan worden, zo enigszins mogelijk met een constante dregdiepte.

Vooraf dit punt eist zeer goede nautische kijk, terwijl rekening gehouden dient te worden met allerlei factoren, welke voor de scheepvaart van belang zijn.

De grenzen van deze meest diepgaande route worden met zacht potlood op het dregblad gezet. Schaven naar de veilige kant is hierbij toegestaan, doch men zij hiermede voorlopig niet al te royaal; na overbrenging op de zeekaart is beter inzicht mogelijk.

Overigens geldt, wat betreft de becijfering en de kleine losliggende gevaren, hetzelfde als sub a.

Is dit hoofdgebied op het dregblad omlijnd, dan zoeken men de meer uitgestrekte gebieden met kleinste afgedregde diepten, welke dus in het algemeen door schepen met enige diepgang gemeden moeten worden. Liggen verschillende van dergelijke gebieden vlak bij elkaar, zodat de navigatie er tussendoor i.v.m. de mogelijkheden van plaatsbepaling te gevaarlijk is, dan voegen men ze tot één gebied samen en omlijnt dit geheel weer met zacht potlood met vermelding van het kleinste dregcijfer. Dit samenvoegen mag niet resulteren in het dwingen van schepen met een bepaalde diepgang tot een onnodig lange route.

Thans resteren op het dregblad enige verspreide gebieden, op variërende diepten afgedregd. Na zich overtuigd te hebben, dat deze niet bij de voren genoemde gebieden zijn onder te brengen, worden zij in grote groepen verenigd en met potlood omlijnd onder opgave van de minst afgedregde diepte per groep.

Vervolgens worden alle potloodgrenzen met dregcijfers en eventuele gewijzigde dieptecijfers op de zeekaart overgebracht. Vereenvoudiging door verder samenvoegen of schaven kan dan eventueel plaatsvinden.

De uiteindelijke grenzen op de kaart worden op het dregblad gecontroleerd en na accoordbevinding voor de kaart aangenomen.

In het algemeen komt een dregstrook alleen op de grootste-schaal kaart, tenzij het aantal daarop aangegeven peilpunten — voor plaatsbepaling in de strook — onvoldoende is en daardoor ook algehele of gedeeltelijke kaartering op de naastvolgende schaal nodig is.

Indien een dregstrook een gebied beslaat voorkomende op 2 kaarten van verschillende schaal, dan handelt men als volgt:

op kleinste schaal alleen het deel van de dregstrook plaatsen dat buiten de grote-schaal kaart valt; de strook aldaar *niet* afsluiten; tegen buitenzijde aansluiting op de kleinste schaal (op diepdruk en vlakdruk) in *zwart* cursief vermelden „(Kaart . . . .)”.

Kaarten gebruikt voor aanlopen van een dregstrook, waarbij niet tijdig op de betreffende kaart kan worden overgegaan, worden voorzien van een  $\pm 2$  cm lange reep van de dregstrook (aan binnenzijde niet afgesloten) en voorts conform voorgaande alinea.

## § 17.6.1

Nimmer mag bij groepering een gedeelte opgegeven worden als te zijn afgedregd op grotere diepte dan in werkelijkheid geschied is.

De onderbroken lijn van een binnenverdeling moet zo weinig mogelijk storend werken op het beeld van de dieptelijnen der kaart.

In de zeemansgids wordt i.v.m. de aangroeiing van koraalriffen steeds duidelijk zichtbaar vermeld in welke jaren het dreggen plaats vond.

Als regel wordt op de kaart zelf geen noot geplaatst betreffende de dregstrook. Alle inlichtingen hieromtrent vindt men op Ned. krt. no. 1 (lijst van tekens en afkortingen) en in de zeemansgids.

## 17.6.2 Land- en zeemerken

Land- en zeemerken zoals lichttorens, bakens, kenbare punten, lichtschepen, betonning, enz. worden op de kaart duidelijk en in het oog springend aangebracht.

Voor de wijze van uitvoering kan worden verwezen naar Ned. krt. no. 1 (lijst van tekens en afkortingen).

Staat een lichtbaken op een alleenstaande droogvallende steen, dan wordt het droogvallingsteken van de steen weggelaten. Eveneens wordt, indien een baken op een naaldrots of kleine ondiepte van minder dan 10 m water wordt gezet, het kruisje weggelaten, terwijl het gevaarlijntje gehandhaafd blijft.

Luchtvaartlichten, welke vanuit zee zichtbaar zijn, worden met dezelfde tekens geкартеerd als voor andere lichten met toevoeging van „Aero”.

Officiële betonning en bebakening worden zo mogelijk op plans en grote-schaal kaarten volledig aangebracht.

Op kustkaarten ( $\pm 1 : 200.000$ ) worden zij volledig aangebracht, indien geen plan of kaart op grotere schaal aanwezig is. Indien dit wel het geval is, beperkt men zich tot buitenste tonnen of bakens, (dan wel tot één corresponderend stel tonnen of bakens op kustkaart en plan) en lichtenlijn (c.q. merklijn) voor het aanlopen van het zeegat, terwijl objecten van belang voor de navigatie van passerende schepen wel op de kustkaart aangebracht dienen te worden.

Op overzichtskaarten worden alleen de aanlooptonnen, lichtschepen en betonning en bebakening in zee aangebracht, benevens vanuit zee zichtbare vuurtorens.

Op grote-schaal kaarten kunnen zeer kenbare punten (kerken, watertorens), waarvan de silhouetten bekend zijn, als zodanig op de kaart worden gezet.

Wrakken worden getekend met de kop naar het ondiepe water, immer in EWlijke richting. Op overzichtskaarten worden geen wrakken aangebracht, tenzij ze een peilpunt opleveren van een ver in zee liggende ondiepte.

## 17.6.3 Topografie

Topografische details worden alleen dan gegeven als zij van nut zijn voor de scheepvaart. Plattegronden worden dus over het algemeen niet gegeven, maar wel hiervan details als station, havenkantoor, enz. en vanuit zee kenbare punten, b.v. moskee, Chinees graf, uitkijktoren, tijdklep, e.d.

Het bergterrein wordt of van de hydrografische gegevens van de opnemer overgenomen of van de topografische kaart.

Het reliëf van het in de kaart af te beelden gebied wordt door schrapjes of „hachures” aangegeven, die in de richting van de steilste helling worden gezet en

geen andere pretentie hebben, dan dat ze gezamenlijk ongeveer een voorstelling geven van de verticale gesteldheid van het terrein, zoals die zich uit zee voordoet. Bij steiler terrein wordt het aantal „hachures” groter, waardoor een niet onbevredigend reliëfbeeld wordt verkregen. De plastische werking hiervan wordt nog verhoogd door de NW-zijde van de bergtoppen spaarzaam aan te geven en de SE-zijde zwaarder, waardoor een aardige schaduwwerking wordt verkregen en de indruk wordt gevestigd, dat het licht vanuit het NW invalt. Bergtekening kan ook worden voorgesteld door vormlijnen, welke aan de SE-zijde zwaarder worden getekend, teneinde het schaduweffect te verhogen.

Van de topografische kaarten worden slechts de hoofdzaken overgenomen zoals de hoogste toppen en het beloop der bergruggen; voorts worden bijzonderheden als kloof, waterval, door afwijkende kleur opvallende plekken, enz. door een noot aangegeven.

De bergtekening moet zodanig worden uitgevoerd, dat de relatieve hoogten juist worden weergegeven (zie ook par. 14.7).

Op kustkaarten, detailkaarten en plannenkaarten kunnen de hoogtelijnen van de topografische kaart door fijne doorlopende lijnen aangegeven worden. Elke vijfde hoogtelijn wordt dan aangegeven door een lijn van dubbele dikte, welke onderbroken wordt voor plaatsing van het getal, dat de hoogte, die bij die hoogtelijn behoort, aangeeft.

Zijn er geen topografische kaarten aanwezig, of geven die geen hoogtelijnen, dan wordt het oude systeem van „hachures” gevolgd, terwijl ook de voorstelling van het bergland door vormlijnen kan worden toegepast.

Nimmer mogen echter de verschillende systemen op één kaart door elkaar worden gebezigd.

Van de voornaamste kenbare toppen wordt het hoogste punt aangegeven door een kleine cirkel. De naam, waaronder de hoogte, plaatst men bij voorkeur links hiervan, waarvoor de bergtekening wordt onderbroken (zie voorts Hoofdstuk XV).

#### 17.6.4 Namen en bijschriften

Voor de spelling der namen in Nederland wordt als regel de spelwijze van de „Lijst van aardrijkskundige namen van Nederland” (1936) gevolgd.

Voor de Oost Indische Archipel wordt verwezen naar Hoofdstuk XV.

Verder worden originele buitenlandse geografische namen, behoudens in grensgebieden (zie verder) ongewijzigd overgenomen van de gangbare zeekaart van het betrokken land, waarbij inbegrepen de soortnamen, b.v. niet Falsterborif maar Falsterborev. De corresponderende Nederlandse namen kunnen, in geval zulks wenselijk voorkomt, tussen haakjes daaronder vermeld worden.

Een uitzondering op het gebruik van originele buitenlandse namen vormen de namen van landen, uitgestrekte territoriale onderdelen, oceanen met hunne internationale onderverdelingen, namen in grensgebieden.

Namen moeten op de kaart zodanig worden geplaatst dat zij, voor het midden van de kaart staande, duidelijk leesbaar zijn.

Zoveel mogelijk worden de namen van plaatsen, eilanden, hoeken, baaien, zeeën, bergtoppen, enz. horizontaal geplaatst. Wanneer het horizontaal zetten der namen ten koste van de duidelijkheid zou gaan, worden zij in een schuine richting geplaatst in een boogje, nimmer in een rechte lijn.

Namen van vaarwaters worden, als de ruimte het toelaat, geplaatst in het watergedeelte; bij bochtige vaarwaters mag de naam meer dan één bocht krijgen. Deze bochten moeten zoveel mogelijk het beloop van de vaargeul aangeven. Is er niet voldoende ruimte in het watergedeelte, dan wordt de naam langs het vaarwater in het land geplaatst. Namen van plaatsen en hoeken worden als regel in het land geplaatst.

Namen van eilanden worden, als de ruimte het toelaat, in het eiland geplaatst; indien dit niet mogelijk is, naast het eiland in zee, dan wel gedeeltelijk in het eiland en gedeeltelijk in zee.

Rivierenamen worden langs de rivier in een boog geplaatst, maar steeds zo, dat geen enkele letter een helling groter dan 90° krijgt; bij rivieren, waarvan alleen de mond in kaart is gebracht, wordt de naam in de richting van de mond geplaatst.

Namen van riffen worden op de kaart gegeven, als ze alleen en ver in zee liggen en de aandacht op het rif moet worden gevestigd, indien er een baken op staat of een ton erbij ligt, als ze met naam in de zeemansgids worden genoemd en ten slotte op de grootste-schaal kaart altijd, indien er voldoende ruimte is.

In het algemeen worden op de kaarten geen twee verschillende namen voor één object aangebracht, althans niet op de kleine-schaal kaarten. In de zeemansgids worden de beide namen genoemd. Worden bij een plaats of eiland wel twee namen aangebracht, dan wordt de naam, die bij zeevarenden het meest bekend is, op de gewone wijze aangegeven en daaronder tussen haakjes en in haarschrift de tweede naam.

Voor de randschriften der zeekaarten kan worden verwezen naar de „Catalogus van Nederlandse zeekaarten en boekwerken”, uitgegeven door de Afdeling Hydrografie van het Ministerie van Marine.

Bij bijschriften van geleidelijnen, als „Kenbare boom in Westkant Sipora 120°”, wordt het verste punt het eerste genoemd, waarbij nimmer uitdrukkingen als „linker-” of „rechterkant” worden gebezigd. De te vermelden peilingen of richtingen worden altijd gerekend vanaf de waarnemer.

Bijschriften van tonnen worden, indien mogelijk, buiten het vaarwater geplaatst.

Boltonnen en RZHS-lichtboeien in de Nederlandse wateren worden aangeduid door de beginletter(s) van de betrokken vaarwaters, waarbij de letter(s) van het vaarwater, dat met de rode tonnenkant aan de bolton of lichtboei aansluit, beWesten de ton wordt geplaatst en de letter(s) van het andere vaarwater beOosten de ton.

Mocht de bolton of lichtboei, bij uitzondering, liggen op de scheiding van twee rode, c.q. zwarte tonnenlijnen, dan worden de vaarwaters alfabetisch genoemd.

Bepaalde voorschriften zijn gegeven voor het al dan niet aangeven van kleuren.

Wordt bij een ton meer dan een kleur vermeld, dan geschiedt dit alfabetisch.

In bijschriften van lichten wordt de kleur van het licht alleen vermeld, indien deze niet wit is, dan wel wit met een andere kleur, in welk geval de kleuren alfabetisch worden genoemd.

Op grote schalen worden bij vuurtorens, lichtbakens en lichtschepen als bijschrift vermeld: karakter (bij G.S. en G.O. tussen haakjes hierachter het aantal schitteringen of onderbrekingen), kleur(en), periode, zichtbaarheid en hoogte boven middenstand.

Voor het weglaten van een of meer van de hierboven gegeven bijzonderheden op kleinere-schaal kaarten, zijn bepaalde regels gegeven.

Bij lichtboeien worden op de grote-schaal kaarten als bijschrift aangegeven: karakter (bij G.S. en G.O. tussen haakjes hierachter het aantal schitteringen of onderbrekingen), kleur(en), periode en zichtbaarheid. Voor de kleinere schalen zijn bepaalde regels gegeven voor welke bijzonderheden worden weggelaten. De perioden van onderbroken lichten van lichtboeien op de kaarten van Nederland worden nimmer aangegeven indien deze zijn „elke 8 sec. helder 4 sec.”.

### 17.7 Reeds gekaarteerde gevaren

*Reeds gekaarteerde gevaren worden nauwkeurig vergeleken met de nieuwe gegevens van de opnemer.*

*Blijkt bij dit onderzoek, dat in het nieuwe werk die gevaren niet voorkomen, dan mogen deze niet op de kaart worden weggelaten, tenzij uit de nieuwe gegevens positief blijkt, dat ze niet aanwezig zijn, hetgeen de opnemer met zijn ter beschikking staande moderne hulpmiddelen over het algemeen met zekerheid kan constateren.*

*De opnemer vermeldt in zijn rapporten op welke wijze het onderzoek naar een bepaald gevaar heeft plaats gevonden, eventueel vergezeld van advies, waarna op het Bureau Hydrografie beoordeeld zal worden of het gevaar wel dan niet van de kaart zal worden geschrapt. De afwezigheid alléén van een gevaar op een minuutblad van recente datum is een onvoldoende bron om tot het schrappen van het gevaar over te gaan.*

*Somtijds komt het na een revisieopneming voor, dat op het minuutblad gevaren zijn aangegeven, die reeds op de kaart voorkomen, doch op een andere plaats. Blijkt uit de rapporten niet, dat naar het oude gevaar is gezocht en dit in een andere positie is teruggevonden, dan worden het oude en het nieuwe gevaar beide gekaarteerd.*

*Bovengenoemde moeilijkheden zijn immer terug te brengen tot een ommissie van de betrokken opnemer.*

### 17.8 Laatste inlichtingen alvorens drukken kaart

Alvorens de kaart op zink te zetten, worden over het algemeen, wat betreft de kaarten van de Nederlandse wateren, bij de betrokken autoriteiten inlichtingen gevraagd of binnenkort nog wijzigingen zullen worden uitgevoerd, die mogelijk nog in de kaart verwerkt kunnen worden.

Staat de kaart eenmaal op zink, dan zijn ingevolge het reproductieproces geen veranderingen meer mogelijk, daar correcties van enig belang op zink niet uitvoerbaar zijn.

### 17.9 Gegevens van andere autoriteiten

Veelvuldig wordt gebruik gemaakt van gegevens van andere autoriteiten, indien Hydrografie niet over de gewenste gegevens beschikt. Terwijl men de nauwkeurigheid van het werk van de opnemer aan de hand van rapporten en andere gegevens over het algemeen kent, is dit meestal niet het geval met gegevens uit andere bron.



Het is de taak van de cartograaf om door bestudering van dergelijke gegevens zich een oordeel te vormen omtrent hun waarde en na te gaan in hoeverre hij ervan gebruik zal maken. Daarbij levert b.v. de bestudering van kruisslagen, waarbij de diepten op de kruispunten moeten overeenstemmen, en het zuiver verloop van dieptelijnen bij opvolgende slagen, meestal reeds een behoorlijk inzicht in het werk. De praktijk wijst uit, dat langdurige ervaring de cartograaf leert welk werk hij wel dan niet kan vertrouwen.

### 17.10 Bronbeschrijving

De verantwoordelijke cartograaf maakt tijdens het samenstellen van de kaart een bronbeschrijving, waarin o.m. vermeld wordt:

- a. de bronnen, waarnaar de kaart is samengesteld;
- b. eventuele afwijkingen van het minuutblad met het hoe en waarom;
- c. juiste afmetingen, gemeten vanaf de binnenkant van de verdeelde rand;
- d. duidelijke omschrijving van het net;
- e. eventuele transformaties met bijbehorende becijferingen.

Betreffen de verwerkte gegevens een grote of kleine herziening van een bestaande kaart, dan wordt aan de bestaande bronbeschrijving der kaart *immer* een beschrijving van de plaats gehad hebbende vernieuwing met vermelding van de gegevens, welke hiertoe geleid hebben, toegevoegd.

### 17.11 Nieuwe uitgaven, hernieuwde uitgaven, kleine drukken, verbeterbladen

Bij de uitgaven van zeekaarten, die door het Bureau Hydrografie in Nederland worden uitgegeven, onderscheidt men:

- a. nieuwe uitgaven;
  - b. hernieuwde uitgaven;
  - c. kleine drukken;
  - d. verbeterbladen.
- a. Men geeft de kaart het praedicaat „Nieuwe uitgave” als ze geheel nieuw is samengesteld of bij grenswijzigingen van de oude kaart.
  - b. „Hernieuwde uitgaven” worden gegeven, indien de wijzigingen zodanig omvangrijk zijn, dat ze niet per B.a.Z. kunnen worden gepubliceerd, zoals bij wijzigingen van enig belang in land- en zeegedeelten. De in omloop en nog in voorraad zijnde gangbare kaarten vervallen bij de aankondiging van de „Hernieuwde uitgave” in het B.a.Z.
  - c. „Kleine drukken” van kaarten maakt men, indien de oplaag van een gangbare kaart opdraakt en bijgedrukt moet worden. B.a.Z. correcties en kleine niet gepubliceerde wijzigingen worden voor de nieuwe „kleine druk” in de kaart verwerkt.
  - d. „Verbeterbladen” worden over het algemeen gemaakt voor gewijzigde gedeelten van kaarten, waarvan de bestaande voorraden zo groot zijn, dat het economischer is een opklakblad te verstrekken, dan door het geven van een „Hernieuwde uitgave” de bestaande oplage te doen vervallen.

De aanwijzingen „Nieuwe uitgave” of „Hernieuwde uitgave”, voorzien van de aanduiding van maand en jaar van uitgifte, worden resp. midden- en rechtsonder de buiten kaderrand, aan de onderkant der kaart, aangebracht.

De aanwijzing betreffende een „Kleine druk” wordt aangebracht aan de linker-onderkant der kaart en bestaat uit een opgave van maand en jaar van de kleine druk, waarbij de maand is aangegeven met Romeinse cijfers.

De betrokken cartograaf verstrekt, als een kaart „Nieuw” uitgegeven zal worden, dan wel als een „Hernieuwde uitgave” zal gaan verschijnen, hiervan tijdig volledige gegevens ter publicatie in het B.a.Z. Bij een „Nieuwe uitgave” zullen deze o.a. bestaan uit de grenzen der kaart en de schaal.

Present exemplaren van „Hernieuwde uitgaven”, bestemd voor buitenlandse Hydrografische Bureaux, worden, voor zover betreft het gewijzigde gedeelte, op aanwijzing van de betrokken cartograaf met de hand licht getint.

## XVIII. KAARTREPRODUCTIE

## 18.1 Inleiding

De reproductie van de zeekaarten, uitgegeven door de Afdeling Hydrografie van het Ministerie van Marine, wordt verzorgd door particuliere firma's.

Tot 1940 werd hoofdzakelijk de kopergravure als drukvorm gebezigd.

Na de 2e wereldoorlog heeft men deze „diepdruk”methode verlaten en is men overgegaan tot de z.g. *vlakdruk*, door middel van de *offsetpers*.

Hoewel nog slechts bij uitzondering van de koperplaat wordt gedrukt, zal de gravuretechniek enz. hieronder worden beschreven, daar het merendeel der Nederlandse zeekaarten nog van de oude gravures is afgeleid en teneinde het inzicht in deze techniek te behouden.

## 18.2 Kopergravure

Teneinde de door de cartograaf getekende netkaart op koper over te brengen, wordt van deze kaart een calque op nitrocelluloid gekrast. Op de koperplaat is dan reeds het net van meridianen en parallellen in dunne intekenlijnen opgezet, waarbij de door deze lijnen gevormde rechthoeken voor het partieel overbrengen der calque worden benut.

Op de goedgepolijste plaat wordt een dun laagje vernis aangebracht. De met droge verfpoeder ingewreven calque wordt nu gemakkelijk in spiegelbeeld hokje voor hokje op het kleverige laagje vernis overgezet, waarna met het graveren kan worden begonnen. Met een *hurijn* (fijn geslepen stalen beiteltje) wordt het koper volgens de tekening uitgesneden en ontstaat een V-vormige snede. Lijnwerk wordt met een stalen naald in het koper gekrast. Door de gevolgde snijtechniek is het noodzakelijk het gegraveerde beeld nog eenmaal terug te steken. Door het snijden ontstaat een braam, die met een driekantig *schraapijzer* of *braamafnemer* wordt verwijderd. Puntjes van droogvallingen worden met een *prikker* in het koper gedrukt. Teneinde de streepjes en puntjes van dieptelijnen op onderling gelijke afstanden te houden, wordt met een roulette de gewenste verdeling ingereden. Het graveren van schrift vereist zeer veel vakmanschap. Kompassen worden met de naald lijn voor lijn getrokken. Dieptecijfers worden met *slagstempels* in het koper geslagen, evenals tekens voor droogvallende riffen.

Voor het etsen op koper, dat somtijds in plaats van gravure wordt toegepast, gaat men uit van een etsgrond, die samengesteld is uit asphalt, was, mastiek, pek en terpentijn, welke in een dun laagje op het koper wordt aangebracht. Bij het intekenen wordt niets anders gedaan, dan het blootleggen der lijntjes in de etsgrond, waarna deze blootgelegde lijntjes in het koper ingebeten worden met ijzerchloride 18° Baumé. Voor het gedeeltelijk afdekken van de etsgrond, bij meerdere malen bijten, wordt alleen asphalt gebruikt.

Het tinten geschiedt met de *tintmachine*, waarmede puntlijnen worden verkregen op onderling gelijke afstand. Aan de tintmachine onderscheidt men een *houder*, waarin een *roulette* is bevestigd. De *slede* van de tintmachine wordt steeds, nadat de roulette éénmaal in een richting over het koper is gegaan, een onderdeel van een mm zijwaarts opgeschoven. Een veer bepaalt de druk van de roulette op het koper. Deze druk en de afstand tussen de puntjes onderling, bepaalt de diepte van de tint. Alvorens met tinten te beginnen, wordt de plaat, met uit-

zondering van de te tinten landgedeelten en droogvallingen, met papier beplakt. Hiertoë bezigt men een z.g. *droge druk* van de koperplaat.

Teneinde de koperplaat af te drukken, wordt deze aan de gravurezijde geheel ingewreven met zwarte drukverf. Het afwrijven van de overtollige hoeveelheid verf met handpalm of lap vereist veel vakmanschap. Op de ingezwarte plaat wordt een vel ingevocht papier gelegd en hierop een vel vilt, waarna het geheel onder grote druk in de *handpers* wordt doorgedraaid. Alleen bij ingevocht papier verkrijgt men een duidelijke en scherpe afdruk, waarvan de afmetingen echter belangrijk kunnen verschillen van de juiste maten. Afwijkingen tot 2,5% in de richting loodrecht op de vezelrichting van het papier komen voor, terwijl deze afwijkingen in Noord-Zuidrichting nimmer gelijk zijn aan die in Oost-Westrichting. Vocht men het papier niet in, dan verkrijgt men de hierboven vermelde *droge druk*. Bij oplagen van ongeveer 100 stuks en meer, wordt de plaat *verstaald*. Dit geschiedt door langs galvanische weg een dun laagje staal op de koperplaat aan te brengen. Dit voorkomt slijtage van de plaat.

Het corrigeren van de koperplaat wordt behandeld in par. 18.4.

### 18.3 Lithografie

De lithografische reproductie berust op de eigenschap, dat vet en water elkaar afstoten, terwijl als drukvorm een materiaal wordt gebezigd dat zowel ontvankelijk is voor vet als voor water. Brengt men nu op dit materiaal met vette inkt een tekening, dan zullen, na algehele bevochtiging en daarna algehele insmering met inkt, de natte delen inkt afstoten en de vette beeldelementen inkt vasthouden, zodat men dus een „inktkiezen” drukvorm heeft verkregen.

De uitvinder van de lithografische reproductie was Aloys Senefelder, die in 1798 een steensoort ontdekte, die gelijke affiniteit vertoonde voor vet en water. Deze ontdekking leidde tot de bekende steendruk, die tot op heden nog veelvuldig wordt toegepast.

Bij Hydrografie waren tot voor kort nog enkele steenkaarten in gebruik, die over het algemeen waren verkregen door overbrenging met een z.g. *vetdruk* van de koperplaat. Deze vetdruk werd onder grote druk met de handpers overgezet op de geprepareerde lithografische steen. Veelal waren de resultaten niet onberispelijk, zodat deze werkwijze niet meer wordt toegepast.

Bij de moderne lithografie, hetgeen letterlijk vertaald „steenschrijven” betekent, bezigt men zink of aluminium als werkmateriaal. In de praktijk wordt gewoonlijk aan zink de voorkeur gegeven.

Het aanbrengen van het beeld op de zink- of aluminiumplaat kan op verschillende wijzen worden bewerkstelligd.

Dit kan geschieden met behulp van de vetdruk, zoals boven beschreven. Deze methode, waarop niet nader zal worden ingegaan, vindt toepassing bij de Britse Hydrografie, doch wordt bij de Ned. Hydrografie niet gebruikt, daar bij deze methode de koperplaat moet worden bijgehouden en dan als *moederplaat* fungeert.

Een andere methode is de overdracht van het beeld langs fotografische weg, waarbij men dan spreekt van *fotolitho*.

Bij de *eiwit* of *negatiefscopie* wordt uitgegaan van een *negatief* van het over te brengen beeld. In het *slingerapparaat* of (*Schleuder*) wordt een zinkplaat gelijkmatig met een eiwitverbinding bedekt en daardoor lichtgevoelig gemaakt.

Het negatief wordt vervolgens in het *copieerraam* op de zinkplaat gelegd en daarna met een sterke booglamp bestraald, waardoor de gedeelten van de lichtgevoelige laag, die aan het licht zijn blootgesteld, worden verhard, terwijl de rest zacht blijft en verwijderd kan worden. Door het inrollen met inkt wordt een beeld verkregen, dat dus even verhoogd op het zink ligt. Na gommen en wassen van de plaat komt echter het beeld weer op gelijke hoogte te liggen als het gegomde oppervlak van de plaat, zodat men bij het eiwitproces inderdaad kan spreken van vlakdruk.

De moderne Nederlandse drukkerijen zijn over het algemeen van de negatief-copie afgestapt en zijn overgegaan tot de *positief-* of *diepgelegde copie*, dat in wezen een etsen van de zinkplaat inhoudt en in Engelse werken „deep etch”, „offset deep” of „intaglio etch” wordt genoemd. Hierbij wordt een corrosie van de zinkplaat bewerkstelligd door chemicaliën, waarbij de diepte van de ets nauwelijks meetbaar is. De voordelen boven de negatiefcopie zijn vele, daar de beeldelementen zeer solide op de zinkplaat worden vastgelegd en de scherpte van het beeld uitmuntend is te noemen. Bij de positiefcopie wordt het beeld min of meer beschermd tegen de wrijving van de rollen van de rotatie-offsetpers, zodat men voor het van de plaat aflopen van het beeld niet meer bevreesd behoeft te zijn. Een grotere hoeveelheid inkt kan op de inktrol van de offsetpers worden opgebouwd, zonder de diepste schaduwen te doen uitlopen of de delicate kwaliteit van de lichtste tonen te beïnvloeden. Daar de positiefcopie bij de Ned. Hydrografie toepassing vindt, zal dit procédé uitvoeriger worden behandeld. Verschillende methoden om zulke diepgelegde copieën te verkrijgen zijn gepatenteerd, maar de algemene werkwijze is als volgt.

De zinkplaat wordt eerst geslepen op een *draaischijf* met *amarylpoeder* en daarna *gekornd*. Deze handelingen zijn nodig om resp. het oude beeld van de plaat te verwijderen en de plaat capillair actief te maken. Het *kornen*, ook wel *greinen* genoemd, geschiedt in de *zinkkornmachine* of *knikkerbak*, waarin de zinkplaat bedekt wordt met een aantal zuiver ronde knikkers van gelijke grootte. Na toevoeging van een slijpmateriaal wordt het geheel heen en weer geschud, waardoor het oppervlak van de zinkplaat geruwd wordt. Na het kornen wordt de plaat met een oplossing van azijn- of salpeterzuur behandeld, hetgeen *ontzuren* wordt genoemd. De plaat wordt hierdoor schoongebrand, oxydevrij gemaakt en is nu vet-ontvankelijk. Om zeker te zijn, dat alle sporen zuur en slijpmateriaal zijn verwijderd, wordt hij goed uitgeborsteld en met een flinke waterstraal schoongespoeld.

Daarna wordt de plaat lichtgevoelig gemaakt met een oplossing van acacia gom, ammoniumbichromaat en gedistilleerd water of iets dergelijks. De plaat wordt hiertoe in de *slingermachine* (*whirler*; *Schleuder*) bevestigd en rondgedraaid met een bepaalde snelheid. Met een schenkkannetje wordt de lichtgevoelige copieeroplossing precies in het midden op de plaat gegoten en door de middelpuntvliedende kracht uiterst dun en gelijkmatig over de plaat verdeeld. Het zich vormen van luchtbellen moet worden vermeden. De klep van de machine wordt na het uitgieten van de oplossing gesloten om stof te weren. Gedurende het proces wordt de plaat aan de voorzijde gedroogd door een paar verwarmingselementen, die zich in het apparaat bevinden. Blijkt, nadat de machine gestopt is, dat de copieerlaag goed op de plaat zit en zonder stofvlekjes, dan wordt de plaat uit de machine genomen en de achterzijde gedroogd. Men plaatst haar vervolgens in het *copieerraam* en legt een *spiegelbeeld diapositief* (zie later) met de beeldzijde op de plaat. Men sluit nu het copieerraam. Met een luchtpomp wordt vervolgens de lucht weggezogen uit de ruimte tussen de glasruit en het *rubbera/sluitdoek* (zie fig. 18.1).

Hierdoor wordt een zo innig mogelijk contact verkregen tussen het beeld op het diapositief en de zinkplaat. De copieerlamp wordt voor de belichting op een vastgestelde afstand vóór of boven het raam gebracht, al naar gelang dit verticaal of horizontaal is geplaatst. De belichtingstijd wordt door de copist bepaald en nauwkeurig met een uurwerk gecontroleerd. Door de belichting worden de gedeelten, die aan het licht zijn blootgesteld, dus daar waar geen tekening voorkomt, verhard.

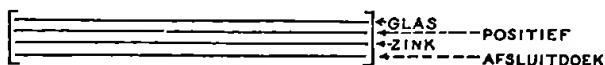


Fig. 18.1

Na de belichting haalt men de plaat uit het raam en wordt het beeld ontwikkeld. Hiertoe giet men de vloeibare ontwikkelaar op de plaat en verdeelt men deze, al draaiende met een pluche *tampon* over het oppervlak, waarbij men het beeld wit ziet worden. Is het beeld goed scherp ontwikkeld, dan giet men, na verwijdering van de ontwikkelaar met een rubberwisser, voor de tweede maal ontwikkelaar, of bij sommige procédés een etspreparaat, op de plaat. Na een zeer korte tijd etsen, waarbij schuimvorming optreedt en waarbij de plaat op de niet verharde gedeelten, dus waar zich de tekening bevindt, wordt diepgelegd, wordt de ontwikkelaar of ets zorgvuldig van de plaat gewreven met celstofwatten. Na enige malen goed inwrijven met alcohol of spiritus moet het beeld zeer zuiver komen te staan. Vervolgens wordt een speciale lak op de plaat gegoten en wrijft men die zeer zorgvuldig in de witte lijnen. Deze handeling is belangrijk, want de lak vormt de eigenlijke beeldrager en moet zich stevig op de plaat vastzetten. Na drogen wordt een zwarte inwrijfinkt aangebracht. Na wederom drogen wordt de plaat met talkpoeder behandeld. Hij wordt nu in de spoelbak geborsteld en afgewassen. De zwarte inktlaag en de verharde gevoelige laag worden hierdoor verwijderd, hetgeen vergemakkelijkt wordt door het toevoegen van een 2% zwavelzuur oplossing. De talkpoeder verhindert bij deze bewerkingen het uitsmeren van de inkt op de plaat zelf. Na verder wassen en drogen ziet de plaat er weer grijs uit als bij het begin, doch nu voorzien van de geëtsde tekening, waarin de zwarte inkt is achtergebleven. De plaat wordt vervolgens geëtsd en gegomd. Dit etsen geschiedt met *zinkets* en heeft een geheel ander doel als het eerstgenoemde etsen. De plaat wordt n.l. hierbij niet diepgelegd, doch de blanke delen van de plaat worden weer ongevoelig gemaakt voor vet, waarbij de gom, die anders door de voortdurende bevochtiging in de offsetpers spoedig verdwenen zou zijn en hierdoor het z.g. *tonen* zou veroorzaken, stevig aan de plaat wordt verbonden.

Door deze bewerking verkrijgt men een rechtlezend positief beeld.

In het bovenstaande is aangegeven, dat bij de positiefcopie een *spiegelbeeld diapositief* wordt gebezigd voor doorlichting in het copieerraam. Om verwarring te voorkomen zij vermeld, dat men een film, glasplaat of plastic *diapositief* noemt, als het beeld van de kaart in zwart (of andere kleur) is aangegeven op doorzichtig materiaal (dia = doorzichtig). Is het beeld uitgespaard op een ondoorzichtig fond, dan spreekt men van *negatieven*. Deze worden echter in het hieronder beschreven procédé niet gebezigd. Positieven en negatieven kunnen beide *rechtlezend* of in *spiegelbeeld* staan.

Om het bij de vervaardiging van zeekaarten gevolgde proces te kunnen begrijpen, dient onderstaand schema.

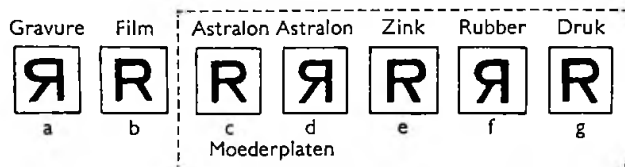


Fig. 18.2

a. De gravure. Deze is in *spiegelbeeld* gegraveerd. De koperplaat wordt zonodig ingezwart en met een poetsmiddel blinkend gewreven, waarbij het op de plaat aanwezige vuil zich in het gravurebeeld vastzet. Deze handelingen zijn nodig om het bij dit procédé zonodige contrast te verhogen.

b. In het *copieerraam* wordt de koperplaat bedekt met *Kodagraph Autopositive* film, waarbij de gevoelige laag op het koper wordt gelegd. Na belichting met een speciaal soort lampen, waarbij zeer veel zorg besteed moet worden aan de belichtings-tijd, wordt de film normaal ontwikkeld en gefixeerd. Het beeld staat nu *rechtlezend diapositief*. Eventueel aanwezige sluiering van het beeld door onderbelichting kan worden weggewerkt met een afzwakmiddel. Daar aan vlakke tinten de voorkeur wordt gegeven, wordt de gravuretint eveneens voorzichtig met genoemd afzwak-middel weggewerkt, waaraan uiterste zorg moet worden besteed, teneinde het gravurebeeld als schrift en bergland zo weinig mogelijk te beschadigen. De film wordt vervolgens gedroogd.

Na verwijdering langs chemische weg van de te vernieuwen gedeelten of door raderen, kan de film eventueel versterkt worden om een betere dekking te verkrijgen.

De *rechtlezende diapositieve film* kan vervolgens door de tekenaar worden op-gewerkt met Oost Indische inkt. In de meeste gevallen zal echter de film alleen ge-bruikt worden als montage-materiaal. Hierbij worden compassen gewijzigd, plannen verplaatst, grenzen gewijzigd, enz.

c. De gemonteerde film wordt vervolgens in het copieerraam overgezet op plastic (*astralon*), waarbij een *rechtlezend diapositief* plastic wordt verkregen. Op-gemerkt wordt, dat hierbij de film met de beeldzijde naar boven op het plastic wordt gelegd, welke handeling in wezen onjuist is te noemen. Door het dunne filmmateriaal is deze werkwijze zonder veel beeldverlies mogelijk, met het voordeel dat op het plastic rechtlezend kan worden getekend.

Het kopiëren van de film op plastic geschiedt op dezelfde wijze als aangegeven is bij de vervaardiging van een rechtlezend positief beeld op de zinkplaat. Het plastic (*astralon*) wordt door de tekenaar met „craftint”, een speciale inktsoort, opgewerkt voor slecht overgekomen details, wijzigingen, enz.

d. Na gereedheid wordt door de copist van dit opgewerkte *rechtlezende dia-positief plastic* in het copieerraam een *spiegelbeeld diapositief plastic* vervaardigd.

e. Van dit *spiegelbeeld diapositief plastic* wordt nu een *rechtlezende positieve zinkplaat* gemaakt.

f. Op het rubberdoek van de rotatieoffsetpers (zie par. 18.5) verschijnt het geïnkte beeld in *spiegelbeeld*.

g. Op papier wordt het beeld *rechtlezend* afgedrukt.

Wordt de kaart nieuw getekend, dan vervallen de handelingen genoemd sub a en b. Het rechtlezende plastic wordt dan door de tekenaar geheel getekend, waarna de handelingen d tot en met g volgen. *Het in fig. 18.2 in stippellijn omlinjende gedeelte vormt het standaardproces, zoals het bij de Nederlandse Hydrografie op alle zeekaarten in de toekomst zal worden toegepast.* De op deze wijze vervaardigde kaarten voldoen aan alle moderne nauwkeurigheidseisen, voor wat betreft de reproductie. De kaarten die van de gravure zijn afgeleid, zijn onnauwkeuriger door foutieve afmetingen van het origineel, werking van de film, enz. maar zijn voor de practijk alleszins bruikbaar. Men is hiertoe overgegaan, om zo spoedig mogelijk van de gravure als moederplaat af te raken, waartoe dwingende redenen bestonden. De volgens c en d vervaardigde rechtlezende en spiegelbeeld plastics zijn nu de *moederplaten* geworden welke op het Bureau Hydrografie worden bewaard. Deze maatregel is genomen, ten eerste om rechtlezend te kunnen tekenen en ten tweede om over een reserve te kunnen beschikken in geval van brand enz. Goed moet worden begrepen, dat het rechtlezende plastic in het gevolgde proces, druktechnisch bezien, niet nodig is.

Het Bureau Hydrografie geeft voorts nog zeekaarten uit, die gedurende de laatste oorlogsjaren in Engeland volgens het eiwitprocédé in een zeer snel tempo werden vervaardigd, waarbij als foto-object gewone destijds in omloop zijnde gravure exemplaren werden gebezigd, bij gebrek aan beter. De fotografisch verkregen negatieven werden direct doorgelicht op zink. Hoewel deze kaarten niet aan de moderne eisen van nauwkeurigheid en druktechniek voldoen, heeft deze nooduitgave aan het Bureau Hydrografie uitstekende diensten bewezen, daar men hierdoor in staat was om gedurende de naoorlogse jaren aan de grote vraag naar zeekaarten te voldoen.

Opgemerkt wordt, dat een zeker aantal kaarten via fotografie van opgespannen drukken op plastic werden gebracht. Deze methode werd echter verlaten, nadat met de autoprone film betere resultaten verkregen werden.

#### 18.4 Correcties

Wijzigingen van het kaartbeeld worden op de volgende wijzen uitgevoerd.

a. Bij *gravures* worden bij correcties van geringe omvang de betreffende details met een *schraapijzer* uitgeslepen, daarna de plaat met een *bruineerijzer* gladgemaakt en tenslotte met kool en olie nageslepen. Daarna worden de uitgeslepen plekken door middel van een aantekenpasser aan de achterkant van het koper afgetekend en met behulp van aambeeld, drevel en hamer opgedreven, zodanig dat aan de graveerzijde de plaat daarna weer vlak is. Bij grotere oppervlakken wordt gebruik gemaakt van een groot *schraapstaal*, dat bij het uitslijpen over de schouder wordt gelegd.

Bij correcties van grote gebieden wordt de galvanoplastiek benut. Hierbij worden de putten en sleuven, die op de koperplaat ontstaan bij het verwijderen van de gravure, langs electro-galvanische weg wederom met nieuw koper gevuld. De koperplaat wordt voor dit doel eerst in de was gezet. Men verkrijgt hiermede een dunne, isolerende laag, die doorschijnend is. Een oppervlak, waarin de te vernieuwen



gedeelten, wordt met een houten schepje blootgelegd. Dit oppervlak wordt geheel ontvet met terpentijn, krijt en water en daarna chemisch verzilverd. Deze verzilvering geschiedt met cyaankali en zilvernitraat, die met een lapje in het koper worden gewreven. De te corrigeren plekken worden met een tandartsenboor uitgefraist. Om een groep correcties heen wordt een gesloten walletje gebouwd, dat met was op het koper wordt gedicht. Vervolgens wordt het badwater, zijnde kopervitriool van 25° Baumé, in het aldus gevormde bakje gegoten. Enige smalle koperen bandjes worden in het bakje even onder het oppervlak van het badwater gehangen en vormen de anode, terwijl de koperplaat als kathode fungeert. Sluit men de anode en de kathode (koperplaat) aan op gelijkstroom, dan groeit het koper op de kathode aan. Het nieuw aangegroeide koper op zilver laat gemakkelijk los, terwijl koper met koper zich innig verbinden. Door afslaan met hamer en beitel worden de aangegroeide gedeelten weer met het overige koper gelijkgemaakt en daarna geslepen en gepolijst. Het voordeel van deze methode is, dat vormveranderingen en kromtrekken van de koperplaat vermeden worden.

b. *Zinkplaten*, die vervaardigd zijn volgens het eiwitprocédé, worden gecorrigeerd met *touché*, een vettige inktsoort. De te corrigeren gedeelten worden met kaliloog weggenomen. Daarna wordt de plaat, na schoonwassen, chemisch gevoelig gemaakt voor vet door ontzuren met aluin, salpeterzuur en water. De correcties met de vettige *touché* worden nu op de zinkplaat met de pen aangebracht, waarna de plaat weer ongevoelig wordt gemaakt door etsen en gommen.

c. *Zinkplaten*, die vervaardigd zijn volgens de positiefcopie, zijn moeilijk corrigeerbaar. Eenvoudige correcties zijn met een kopernaaldje aan te brengen. Ook wordt wel met *touché* gewerkt op de wijze als sub (b) is aangegeven waarbij men grote kans loopt, dat de aangebrachte correctie gedurende het drukken van de plaat „afloopt”. Hoewel dit een nadeel van de positiefcopie is te noemen, kan met de wetenschap, dat de platen niet of moeilijk corrigeerbaar zijn, in de practijk rekening worden gehouden.

d. *Astralons*. Bij niet omvangrijke correcties worden beide moederplaten, dus de plastics gecorrigeerd en een nieuwe copie op zink gemaakt. Bij omvangrijke correcties wordt alleen het rechtlezende astralon gecorrigeerd en wordt hiervan een nieuw spiegelbeeld astralon en een nieuwe zinkplaat vervaardigd.

Het corrigeren op astralon geschiedt gemeenlijk door de oude tekening op het astralon met een radeermesje of naald weg te schrappen, waarna het nieuwe beeld met „craftint” wordt opgetekend. Ook is het soms mogelijk om het oude beeld met een oplosmiddel te verwijderen.

Het corrigeren van kleurplaten wordt behandeld in par. 18.6.

## 18.5 Drukken

a. Het drukken van koperplaten werd reeds bij de kopergravure behandeld.

b. Het drukken van zinkplaten geschiedt uitsluitend in de *rotatieoffsetpers*. Deze bestaat uit een opbouw, die hoofdzakelijk drie grote cilinders draagt (zie fig. 18.3).

Deze cilinders zijn in rollend contact met elkaar. De zinkplaat wordt gespannen rond de *plaatcilinder*, waarmee twee stellen kleinere rollen contact maken,

t.w. de *vochtrollen*, die de plaat met water bevochtigen en de *verfrollen*, die een film verf of inkt afgeven op het fettige beeld op de plaat. De tussenliggende *rubbercilinder* is omgeven door een met weefsel versterkt rubberdoek. De *druk-cilinder* drukt het papier tegen het rubberdoek van de rubbercilinder.

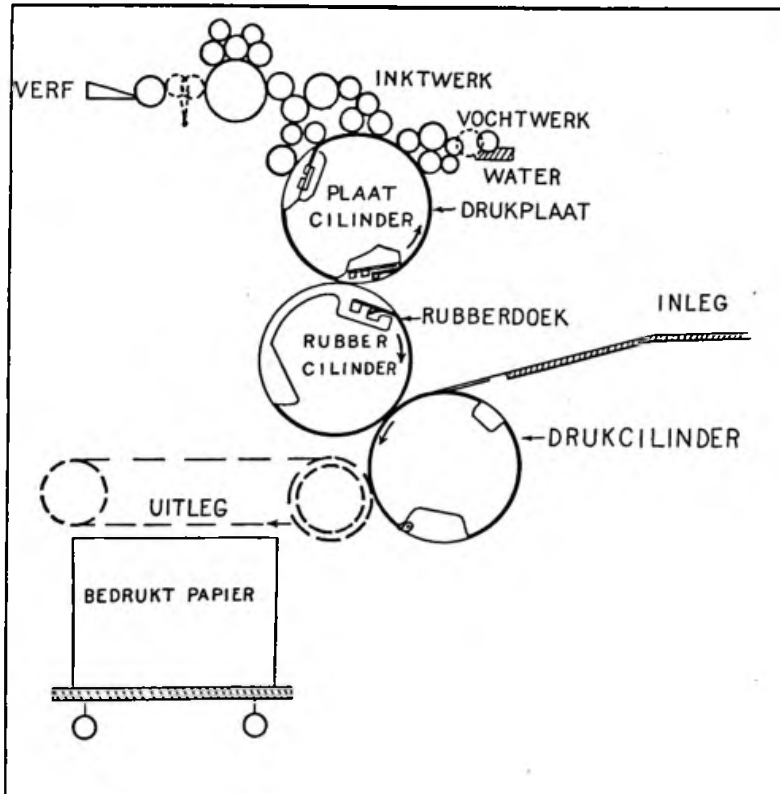


Fig. 18.3

Als nu de machine in werking wordt gesteld, wordt eerst de plaat door het *vochtwerk* natgemaakt, daarna door het „*inktwerk*” met inkt of verf ingerold, waarna het inkt- of verfbeeld in *spiegelbeeld* wordt afgegeven aan de rubberrol. Het papier zal dan op zijn weg van *inleg* naar *uitleg* het inkt- of verfbeeld weer *rechtlezend* overnemen. Moderne machines, welke meerdere kleuren tegelijk drukken, zijn voor de vervaardiging van de Ned. zeekaarten te duur, daar ze alleen rendabel zijn bij grote oplagen.

Het te bedrukken *kaartkarton* moet van zeer solide kwaliteit zijn. Aan radeer- en tekenbaarheid moeten hoge eisen worden gesteld, in verband met aan te brengen B.a.Z. correcties. Potloodlijnen, op de kaart getrokken, moeten vele malen weggegomd kunnen worden, zonder dat het papier ruw wordt en het kaartbeeld verdwijnt.

## 18.6 Kleuren

Het geringe aantal kleuren, dat bij de Ned. zeekaarten wordt gebezigd, vereist geen ingewikkelde kleurenteknik, zoals bijv. bij vlieg- en topografische kaarten.

Iedere kleur vereist over het algemeen een afzonderlijke zinkplaat. Deze zinkplaten worden verkregen door eerst tintastralons te vervaardigen en deze op zink over te brengen. Blanco astralons worden op de lichtbak met pasmerken op het diapositief astralon gelegd en voor de betreffende tint met zwarte inkt of bruine dekverf ingevuld en daarna op zink in zwart gecopieerd. Vroeger werden de tint-zinkplaten door middel van *poederklatsen* verkregen. Hiertoe werd een papierafdruk van de zwartplaat vervaardigd, die met een niet vette poeder werd bestoven. Het poeder hechtte zich aan het inktbeeld, terwijl de overtollige poeder werd weggeblazen. Een schone zinkplaat werd bevochtigd en met de afdruk die in spiegelbeeld stond door de pers gevoerd. Het poeder hechtte zich op het zink en gaf een *rechtlezend* beeld. De tekenaar was dan in staat om met touche alle details die nodig waren voor de betreffende tintplaat, zoals lichtvlammen, landtint, enz. op hun juiste plaats in zwart in te vullen. Na gereedheid wordt de plaat geëtsd, gegomd en vervolgens „opgerold” met de gekozen kleur.

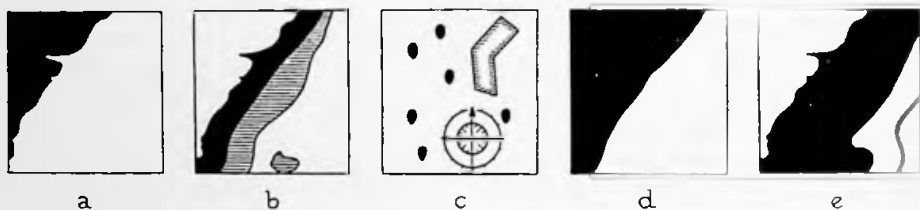


Fig. 18.4

Fig. 18.4 geeft een beeld van de verschillende tintplaten, die bij Hydrografie gebruikt worden. Goed moet worden begrepen, dat in eerste instantie het beeld op alle tintzinkplaten in zwart staat. Dit zwarte beeld is fettig en neemt dus de betreffende kleur van de verfrommen van de pers over.

- Geeft aan het in zwart aangegeven landgedeelte op de zinkplaat.
- Geeft aan de in zwart aangegeven droogvalling. Bovendien worden op de zeekaarten, de Nederlandse wateren betreffende, de zeegebieden tussen 0 en 2 meter diepten aangegeven door een *lijnraaster* of *grisé*.
- Is de *paarsplaat*, waarop de lichtvlammen, kompassen en eventueel dregstrook zijn aangebracht in zwart. Gewezen wordt op het feit, dat de kleur van het paars, die bij het drukken wordt gebruikt, zodanig is gekozen, dat zij zichtbaar blijft bij rood licht.
- Voor de zeekaarten, waarbij het zeegebied tot aan de 5 meterlijn blauw wordt aangegeven, wordt via astralon een tintplaat gemaakt, waarbij land en droogvalling zwart is aangegeven.
- Tevens wordt een tintplaat vervaardigd via astralon, waarbij de droogvalling tot de 5 meterlijn in zwart is aangegeven, terwijl op de kaarten overzee de 10 meterlijn met een smalle zwarte band wordt gemarkeerd.

In de pers wordt d grijs gekleurd door middel van de verfrullen en e blauw, zodat de landtint grijs wordt, de droogvalling grijs en blauw over elkaar en het watergedeelte tot 5 meterlijn blauw. De kaarten overzee geven tevens een blauwe band langs de 10 meterlijn.

Opgemerkt wordt, dat bij kaarten overzee zonder blauwe tint, eenvoudige droogvallingen gepunteerd worden op het tintastralon van zinkplaat a, waarbij dan zinkplaat b kan vervallen. Moeten er slechts enkele vlammen op de kaart worden gezet, terwijl kompassen niet in paars worden aangegeven en dregstrook niet aanwezig is, dan worden de vlammen veelal met de hand op de kaart gestempeld, zodat zinkplaat c dan kan vervallen.

De zwartplaat wordt eerst gedrukt, daarna wordt de pers schoongemaakt en van andere verf voorzien. Vervolgens wordt een der tintplaten op de plaatcilinder gespannen, waarbij men met behulp van *sluikruizen* zorgdraagt, dat zij precies op de juiste plaats komt. Het papier gaat nu voor de tweede maal door de pers en het resultaat is een zwartdruk met één tint. Voor elke volgende tint herhaalt zich het proces, totdat alle tinten zijn gedrukt.

Voordat de kaart gedrukt wordt, worden meestal op de proefpers enige getinte proeven getrokken en deze ter beoordeling naar het Bureau Hydrografie gezonden. Na bekomen goedkeuring en vaststelling van het aantal te leveren exemplaren, wordt de oplaag door de firma gedrukt. Kleine tintcorrecties kunnen met *touche* op de tintplaten worden uitgevoerd. Omdat het veelal moeilijk is om de aan te brengen correcties op de juiste plaats uit te voeren — op de tintplaat staat alleen de betreffende tint in zwart aangegeven en heeft men dus weinig leiding —, wordt vrij snel overgegaan tot het maken van een nieuwe tintplaat na correctie van de betreffende tintastralons.

## XIX. GESCHIEDENIS EN ORGANISATIE VAN DE HYDROGRAFISCHE DIENST

### 19.1 De geschiedenis

Reeds werd in par. 1.2 een beknopt historisch overzicht gegeven van het ontstaan van zeekaarten, met een summier beschrijving van de daarmee gepaard gaande ontwikkeling van de Nederlandse cartografie.

Thans zullen de ontwikkelingsgangen van de hydrografische arbeid in Nederland enerzijds en in de Oost Indische Archipel anderzijds — i.v.m. het feit, dat zij elk hun eigen geschiedenis hebben, welke op een later tijdstip samenkomen — gescheiden en in het kort gezien worden.

Voor Suriname en de Nederlandse Antillen zijn alle zaken betreffende opnemingsarbeid en kaartverstrekking steeds door Nederland behandeld, zodat de hydrografische activiteit in dit gebied te zamen met die in het moederland besproken zal worden.

#### 19.1.1 Oost Indische Archipel

Aan de berichten door de oudheid nagelaten, zowel als aan die, welke afkomstig zijn uit latere Arabische, Perzische, Chinese of verspreide Westerse bronnen, kan in een beknopte samenvatting als deze worden voorbijgegaan. Slechts wordt genoemd *Marco Polo*, de eerste Europeaan van wie vaststaat, dat hij de Archipel bevaren heeft ( $\pm$  1292). Het begin van de hydrografische kennis van deze gebieden ligt echter niet bij hem, doch bij de wetenschap van de inheemse bevolking zelf. De *Nāgarakertāgama* (1365) bewijst door een opsomming van tal van geografische namen, dat de Javanen der 14de eeuw de Archipel — zij het dan oppervlakkig — gekend hebben. Hiervan zouden de Portugezen en Spanjaarden later in ruime mate profiteren.

Na de val van Constantinopel in 1453, waarmede aan de Italiaanse handel in Oosterse producten de nekslag werd gegeven, erfdn de Portugezen en Spanjaarden, met de vaart op Oost en West, de leidende rol op het gebied van hydrografische kaartering. Opmerkelijk is hierbij, dat zij geen eigenlijke ontdekkingsreizen maakten, doch hun kennis ontleenden aan hetgeen zij vernamen van inheemse zeevarenden, zodat hun kaarten en zeilaanwijzingen nagenoeg uitsluitend inheemse en vrijwel geen Portugese namen vertonen.

Door de sterk doorgevoerde geheimhouding hebben zij — voornamelijk de Portugezen — niet veel aan geschriften nagelaten. Toch is de stand van hun wetenschap vrij goed bekend, dank zij het beroemde „Itinerario naer Oost ofte Portugaels Indien” met het daaraan toegevoegde „Reijsgheschrift van de navigatien der Portugaloyzers in Orienten” van *Jan Huyghen van Linschoten* (1595), die zelf deelnam aan de Portugese zeereizen en als klerk van de aartsbisschop van Goa alle Portugese en Spaanse handschriften in handen kreeg.

Bij de beoordeling van de Portugese kaarten van de Archipel dient niet vergeten te worden, dat aan Portugal — met de Pauselijke bul van 4 Mei 1493 — een geheel halfrond ter exploitatie was toegekend en voorbehouden. In dit enorme arbeidsveld nam de Archipel slechts een zeer bescheiden plaats in. Toch dient gezegd te worden, dat zij met de Spanjaarden op alle Oosterse zeeën goed en hard gearbeid hebben,

hetgeen duidelijk blijkt uit het meesterwerk van *Bertholameu Laso* (1591); een werk dat slechts behoefde te worden overgenomen door onze *Petrus Plancius*, die — en dat is zijn verdienste — voor het eerst (1592) de kaarten van de Oosterse zeeën in de handel bracht. Deze kaarten vormen de grondslag van de huidige zeekaarten en hiermede begon tevens het bloeitijdperk van de Nederlandse cartografie.

In tegenstelling met de Portugezen, die zich — terecht — tevreden stelden met het beheersen van de zee- en handelswegen en gebruik maakten van de routes reeds sedert eeuwen door het inheemse prauwenverkeer gevolgd, namen de Nederlanders ten tijde van het Compagnie-tijdperk een geheel ander standpunt in. Zij legden zich toe op het verkrijgen van een nauwkeurige kennis van de kustlijnen en zeeën, waarbij hun onderzoekingstochten zich reeds in 1606 uitstrekten tot Nieuw Guinee en de Golf van Carpentaria. De Compagnie — ook slechts op eigen voordeel bedacht — hield de verworven kennis echter zoveel mogelijk geheim, hetgeen vermoedelijk de reden is, waarom Plancius zich al spoedig enigszins op een afstand hield. Als kaartenmakers van de Compagnie zien we achtereenvolgens optreden *Augustijn Robaert* (tot 1617), *Hessel Gerritsz*, de *Blaeu's*, *Isaac de Graaff* en in 1714 de *van Keulen's*.

Van de kaartenmakers in Indië is weinig bekend. Slechts wordt vermoed, dat zij, werkzaam te Batavia (Djakarta), nieuwe gegevens aantekenden op de kaarten der schepen, welke uit Nederland kwamen. Dat die gegevens, hoewel niet volledig, soms merkwaardig juist waren, bewees de jongste opneming van Tomini, waarbij de hoge waarde bleek van de kaart, welke de hoeker „de Brandtgans”, schipper Jan van der Wal, in 1682 daarvan heeft gemaakt. Hoe lang zij dienst kunnen doen, bewijst de kaart, welke het fregat „de Geelvink”, de chaloup „de Kraanvogel” en de pantjalang „Nova Guinea” in 1705 hebben vervaardigd van de Geelvink baai. Deze kaart was de grondslag van onze hydrografische kennis in dat gebied, totdat in 1911 de moderne opneming aldaar begon.

In 1753, toen de greep der Compagnie reeds veel van haar vastheid had verloren, vermochten de van Keulen's hun werk te bekronen door de uitgave van het zesde deel van hun alomt beroemd werk „De nieuwe grote lichtende Zee-Fakkel”, waarin het geheel der hydrografische kennis van de Indische Archipel was neergelegd. Met die uitgave bereikte de Nederlandse cartografie een hoogtepunt.

Spoedig daarop, met het tanen van de macht der V.O.C., begon het plotselinge verval. De Engelsen gingen met hun tijd mee, voerden nieuwe instrumenten (tijd-meter en sextant) in de practijk der zeevaart in en behaalden een grote voorsprong. In Nederland deed men nog een poging om iets te bereiken door de instelling (1787) van de „Kommissie tot de Zaaken, het bepalen der lengte op zee en de verbetering der zeekaarten betreffende”. Het gewenste succes bleef echter uit, mede door het feit, dat er te weinig geld werd beschikbaar gesteld.

Gedurende de Engelse tussenperiode (1811—1816), onder het bewind van *Sir Thomas Stamford Raffles*, werden onder doelmatige leiding van het „Hydrographic Department”, dat door de Britse Admiraliteit in 1795 was opgericht, wetenschappelijke onderzoekingen — ook op het gebied der hydrografie en oceanografie — met voortvarendheid aangepakt en doorgezet.

Zo snel was de val, dat in het begin van de 19de eeuw, dus nauwelijks 50 jaar nadat het Nederlandse kaartwezen nog aan de spits stond, de Archipel voornamelijk

bevaren werd volgens Engelse of Franse kaarten, terwijl in 1824 in de catalogus van de firma van Keulen voor de zeevaart in ons Indië als de beste zeemansgids „The English Pilot” werd aanbevolen. Hiermede werd bedoeld „Directions for sailing to and from the East Indies, China, New Holland, Cape of Good Hope and the interjacent ports” (1809) van *James Horsburgh*, de grondlegger van de moderne zeemansgids.

Na terugkeer van het Nederlandse bestuur in de Archipel begon een periode van meer systematische verzameling en verwerking van gegevens door de instelling (1821) van de „Kommissie tot verbetering van Indische zeekaarten” door gouverneur-generaal van der Capellen. Bepaald werd, dat te allen tijde een oorlogsvaartuig, met uitsluiting van alle andere diensten, belast zou worden met het doen van hydrografische opnemingen.

De eerste opnemingsvaartuigen waren de koloniale korvet „de Courier” en de brik „Jacoba Elisabeth”, welke dadelijk een aanvang maakten met het in kaart brengen van drie belangrijke vaarwegen: de Gaspar Straten, Straat Karimata en Straat Sapoeadi.

Deze ijverige en productieve arbeid duurde echter slechts 2 jaren, vermoedelijk mede ten gevolge van de achteruitgang en de weinige veerkracht bij de Koloniale Marine in de laatste jaren van haar bestaan. Daarna werd gedurende 35 jaren geen vaartuig meer voor die speciale dienst aangewezen. De commissie ontving daardoor slechts weinig gegevens; haar arbeid werd onbelangrijk en bezuinigingen waren oorzaak, dat zij in 1834 ontbonden werd, terwijl hare werkzaamheden provisioneel werden opgedragen aan de havenmeester te Batavia.

In 1838 werd zij echter weer in ere hersteld om nog 30 jaar te blijven bestaan. Het zou evenwel tot 1858 duren, voordat de schoenerbrik „Pylades” — daartoe geschikt gemaakt — werd aangewezen voor het verrichten van hydrografische opnemingen.

De opnemingen, tussen 1824 en 1858 verricht, waren bijna uitsluitend te danken aan in dienst zijnde oorlogschepen, vandaar dat de meeste gelegenen waren in de nabijheid van de stations dier schepen: Ambon, Makasser, Banjuwangi, Semarang, Sambas, Riouw en Padang. Een enkele speciale opdracht op de Zuidkust van Java, welke slechts geringe hulpmiddelen eiste, werd tevens volvoerd. Verder werden enkele grote reizen dienstbaar gemaakt om de hydrografische kennis van de Archipel te vermeerderen, waarvan meer in het bijzonder genoemd kunnen worden die in 1826—'35 ondernomen door de korvet „Triton”, de brikken „Postiljon” en „Doerga” en de schoeners „Iris” en „Sireen” naar de Zuidwestkust van Nieuw Guinee.

Bij de omvang der taak was hetgeen op deze wijzen verkregen werd echter veel te gering en beantwoordde bij lange na niet aan de groeiende behoefte aan betrouwbare kaarten. In 1851 werd besloten verschillende astronomische plaatsbepalingen in de Archipel te verrichten. Het doel was, d.m.v. die waarnemingen en gelijktijdig genomen rondmetingen, de azimuthale richtingen naar landhoeken, bergtoppen en andere kenbare punten benevens de ligging der eilanden en in grote trekken de vorm der kustlijnen te bepalen. Dit werk, waarbij ruim 540 punten astronomisch werden vastgelegd en dat duurde tot 1894, heeft aanzienlijk bijgedragen tot verbetering der zeekaarten.

De verwerking der verkregen gegevens geschiedde aanvankelijk onder leiding van de in 1821 ingestelde commissie, waaraan in 1823 een depot van kaarten en

boekwerken werd toegevoegd. Langzamerhand groeide dit depot uit tot het „Bureau Hydrografie”, dat in 1860 te Batavia werd ingesteld en dat in 1864 bij de instelling van het Departement der Marine hiervan een afdeling werd. Het voldeed echter zo weinig, dat in 1869 besloten werd dit bureau naar Nederland over te brengen, waarmee in 1871 een aanvang werd gemaakt.

In 1875 echter waren de inzichten weer veranderd; het bureau werd wederom naar Indië teruggebracht en was in 1877 te Batavia wederom in werking tot het, wegens bezuiniging, in 1893 voor de tweede maal naar Nederland werd teruggebracht, alwaar het sindsdien een gedeelte uitmaakt van de Afdeling Hydrografie van het Ministerie van Marine.

Inmiddels was het zeilschip (de „Pylades”) in 1868 vervangen door het stoomschip „Stavoren”, terwijl in 1874 wederom een stap vooruit werd gedaan door het speciaal voor de opnemingen gebouwde stoomschip „Hydrograaf” in dienst te stellen en daaraan toe te voegen een stoombarkas en kruisboot. In 1883 deed men echter weer een stap terug door de uitzending van twee in Nederland gebouwde zeilschepen, de „Melvill van Carnbee” en de „Blommendal”, omdat men meende, dat met een zeilschip de opnemer het terrein zoveel beter leert kennen. Deze schepen waren uitgerust met één kleine stoomsloep; een deel van de arbeid werd roeiende en zeilende verricht. Voorts ontbrak op deze zeilschoeners een stoommankerspil, zodat het gebruik van deze schepen werd beperkt tot terreinen, waar nagenoeg overal ankergrond op betrekkelijk geringe diepte aanwezig was.

Wegens gebrek aan practijk, onvoldoende hulpmiddelen en slechte toestand der schepen vorderden de werkzaamheden slechts langzaam. Meer en meer werd aangedrongen doeltreffende maatregelen te nemen om de gang van zaken te bespoedigen. Het duurde echter tot de aanvang van de 20ste eeuw eer deze aandrang voldoende had doorgewerkt.

De methode om een kruisboot en stoombarkas aan een opnemingsvaartuig toe te voegen om zelfstandig detailopnamen te verrichten, werd ook in latere jaren nog wel toegepast. De zeilvaartuigen werden vervangen door voor het doel gebouwde of verbouwde stoomschepen, voorzien van stoomsloepen. De opnemingen vorderden evenwel nog te langzaam om te voldoen aan billijke eisen der scheepvaart, zodat het aantal steeds in dienst zijnde opnemingsvaartuigen in 1905 werd uitgebreid tot 4. Het tijdvak 1905 t/m 1909 zal wel één van de meest productieve blijven. Nieuwere denkbeelden over de wijze van opneming hadden zich baan gebroken en dit gepaard met een doelbewuste, systematische leiding maakte dat het werk nu vlugger opschoot.

Gedurende de oorlog 1914—'18 is enige stagnatie in de opnemingsarbeid ontstaan en werd, wegens gebrek aan zeeofficieren begonnen met het detacheren van officieren der Gouvernements Marine (thans Lands Scheepvaart Dienst) aan boord der opnemingsvaartuigen, gevolgd in 1922 door de indienststelling van een gouvernementsmarine-opnemingsvaartuig (het s.s. „Orion”) en daarna door meerdere dergelijke vaartuigen, somtijds onder bevel van een zeeofficier.

In 1931 werd begonnen met het afdreggen der belangrijkste scheepvaartroutes m.b.v. aan het opnemingsvaartuig toegevoegde dregboten. In 1933 werden voor het eerst stelselmatig stroomwaarnemingen verricht, waaruit getijstroomconstanten benaderd en stroomtafels samengesteld werden. Vervolgens deed het echolood zijn intrede (1936) bij het dagelijkse lodingwerk, terwijl in 1938 de uitkomst van de



luchtkaartering van Zuidwest Nieuw Guinee dienstbaar werd gemaakt aan de hydrografische opneming van dit gebied. Kenbare punten uit deze luchtkaart werden in het terrein met een baken aangegeven en aldus zonder triangulatie op lengte en breedte vastgelegd, hetgeen het voorbereidende werk voor de lodingwerkzaamheden aanmerkelijk bekortte.

Gedurende de oorlogsjaren 1942—'45 kwam het werk in de Archipel geheel tot stilstand en kon eerst in 1947, voor wat betreft dringende locale opnemingen, worden hervat. Ook na de soevereiniteitsoverdracht op 27 December 1949 werden de opnemingen verricht door opnemingsvaartuigen van de K. M. en van de Lands Scheepvaart Dienst, terwijl de resultaten naar Nederland werden opgezonden ter verwerking in de publicaties.

Op 1 Januari 1951, toen de steunverlening van Nederland afliep, werd, teneinde de door Indonesië verzochte hulp te verlenen, de Nederlandse Militaire Missie ingesteld, met als één harer taken mede te werken aan de opbouw van een Indonesische Hydrografische Dienst (zie par. 19.2).

Tenslotte dienen genoemd te worden de oceanografische expedities van Hr. Ms. Siboga (1899) en Hr. Ms. Willebrord Snellius (1929), welke mede belangrijk hebben bijgedragen tot de hydrografische kennis van de Archipel. De resultaten dezer expedities werden bovendien verrijkt door de gravitatie-onderzoekingen van Prof. Dr. F. A. Vening Meinesz in Nederlandse onderzeeboten tussen 1923 en 1930.

Hiermede besluiten wij dit korte overzicht, dat vanzelfsprekend geen aanspraak kan maken op volledigheid. Slechts zij nog vermeld, dat de eerste stelselmatige opneming van dit gebied van 1700 eilanden — de hele kleine nog niet medegerekend — met gezamenlijke kustlijnen van meer dan 25.000 zeemijlen, dat is belangrijk meer dan de omtrek der aarde, in ongeveer 200 schipjaren, ondanks tegenspoed en teleurstellingen door de Koninklijke Marine — sinds 1927 op lofwaardige wijze bijgestaan door de Gouvernements Marine — voltooid is. Voorwaar een eerbiedwaardige prestatie!

### 19.1.2 Nederland

De oudst bekende kaarten van Europa, de z.g. *wielkaarten*, dateren uit de 10de eeuw, terwijl eerst in het begin van de 14de eeuw — nadat het kompas in Europa in gebruik was genomen — gesproken kan worden van feitelijke zeekaarten. Het zijn de Italiaanse en Catalonische *portulanen* van de kusten der Middellandse Zee.

De oudste zeekaart der Nederlandse kust zou zijn de „Portulan flamand de la fin du XVe siècle”, welke echter verloren is gegaan.

Omstreeks de zestiende eeuw — in welke eeuw wij in Nederland op de voorgrond zien treden *Gemma Frisius* en zijn leerling en vriend *Gerard Mercator*, eigenlijk geheten Gerard de Cremer, bekend door zijn theorie over de *wassende kaarten* — begon de Nederlandse scheepvaart groter vormen aan te nemen. De Nederlandse schippers stelden hun eigen praktische ondervindingen op de Nederlandse kust en in de Europese wateren op schrift. Deze mededelingen over vaarwaters, gevaren, plaatselijke omstandigheden enz. werden van elkaar overgenomen en belandden ten slotte bij de auteurs der *leeskaarten*, een typisch Nederlandse soort kaarten. Als oudste wordt genoemd het leeskaartboek van *Jan Zeverszoon Cruipel van der Schelling*, getiteld „Die Kaerte vâder Zee” (1531). De methode om in deze lees-

kaarten kustbeschrijvingen (zoals thans in de zeemansgidsen worden opgenomen) te geven, was geheel nieuw.

Naast de leeskaarten kwamen ook zee- en kustkaarten voor, waarvan als cartografen o.a. genoemd kunnen worden *Jacob van Deventer*, *Christiaan Sgrooten*, *Abraham Ortelius*, *Lucas Jansz. Waghenae* (zijn kaarten waren in Engeland bekend als „wagoners”) en *Mercator*. Tot de nauwkeurigheid der kaarten is in belangrijke mate bijgedragen door de Nederlandse wiskundige Willebrord Snellius (1617) door de openbaring van zijn nieuwe triangulatie-methode.

Inmiddels waren de gemeenschappelijke belangen van verscheidene Nederlandse kooplieden in de West zo groot geworden, dat, mede op aandringen van Petrus Plancius, in 1621 de West Indische Compagnie werd opgericht. Reeds in 1626 beschikte zij over 74 oorlogsschepen, waardoor zij aan hare wensen grote kracht kon bijzetten (haar admiraal Piet Hein veroverde in 1629 de Zilvervloot).

In 1633 werd Curaçao door de Nederlanders bezet. Spoedig volgden Aruba en Bonaire, terwijl tussen 1616 en 1648 Suriname, Saba, St. Eustatius en St. Maarten in ons bezit kwamen.

Dit noodzaakte tot hydrografische kaartering. Voorlopig werd gevaren op oude Spaanse zeilaanwijzingen, maar reeds spoedig bediende de West Indische Compagnie zich van haar eigen kaartenmakers, waarvan genoemd worden *Hendrik Doncker*, *Johan van Loon* en *Pieter van Alphen*. De firma van Keulen, bekend om haar kaartwerk van de Oost Indische Archipel, legde zich in niet mindere mate toe op de West, terwijl de kusten van eigen land uitvoerig beschreven werden. Verder is het Johannes Blaeu, die aan het einde van de 17de eeuw zijn monumentale, op perkament getekende „Paskaart van West Indie” uitgaaf.

Na een periode van inzinking werd, tegen het midden der 18de eeuw, in navolging van andere landen de hydrografie meer systematisch beoefend.

Met de opneming van het zeegat van Texel door de luitenant ter zee der 1e kl. A. A. Buyskes (1760) werd voor de Nederlandse hydrografie een nieuw tijdvak ingeluid. Naast de toepassing van moderne methoden bij de opneming werd ook begonnen met het systematisch in de kaart verwerken van nieuwe gegevens verkregen uit waarnemingen verricht door bekwame en deskundige opnemers der K.M.

Nadat de „Kommissie tot de Zaaken, het bepalen der lengte op zee en de verbetering der zeekaarten betreffende” was ingesteld (1787), die gedurende vele jaren de belangen der hydrografie zowel in het vaderland als in de Oost en de West zo goed mogelijk behartigde, werd in 1856 de luitenant ter zee der 1e klasse *A. van Rhijn* benoemd tot „Hydrograaf der Nederlandse Zeegaten”. Hiermede werd de sinds 1787 officieel erkende Staatszorg in duidelijker banen geleid en opgedragen aan een speciaal Bureau Hydrografie van de Koninklijke Marine. Eerst op 8 Juli 1874 werd dit bureau de vijfde afdeling van het Departement van Marine, die onder leiding kwam van de Chef der Hydrografie.

(Voor het overbrengen van het Hydrografisch Bureau te Batavia naar Nederland wordt verwezen naar par. 19.1.1.)

Kort hierop, namelijk op 25 September 1875, wordt het eerste „Bericht aan Zeevarenden” uitgegeven. Onder krachtige leiding groeide de Hydrografische Dienst uit tot een efficiënt bedrijf, dat onder ééenhoofdige leiding niet alleen de opnemingen van de Nederlandse zeegaten doch ook die van de overzeese gebiedsdelen op wetenschappelijke basis leidt en in kaart brengt. (Voor na 1 Januari 1951 zie par. 19.1.1). De

zeemansgidsen en andere hydrografische publicaties worden regelmatig bijgehouden voor de nieuwste gegevens. De nieuwste vindingen en moderne werkmethode worden in toepassing gebracht, o.a. in zee uitgelegde zelfregistrerende peilschalen, benadering stroomconstanten, dreggen op grote schaal, luchtfoto's, asdic, radio-electronische navigatie hulpmiddelen, foto-litho reproductie e.d.

Het is evident, dat de geschiedenis der hydrografie parallel loopt met de wereldhistorie en waar op nagenoeg elk gebied een steeds toenemende internationale samenwerking bestaat, zal het niet verwonderen, dat de aanvankelijk sporadische samenwerking met het buitenland op het gebied der hydrografie in de 20ste eeuw veel intensiever wordt. Eén en ander was aanleiding tot het oprichten (1921) van het *Internationaal Hydrografisch Bureau* (I.H.B.), dat te Monaco gevestigd is en waarvan Nederland ook lid werd. De weidse opzet van dit Bureau en — in hoofdzaak — het feit, dat het I.H.B. niet vrij was kunnen blijven van politieke invloeden, waardoor de keuze der directeurs grotendeels beheerst werd door de nationaliteit en slechts in geringe mate gelet werd op de bekwaamheid der kandidaten, waren echter oorzaak, dat in 1934 het lidmaatschap opgezegd werd. Na een gedeeltelijke wijziging der statuten te dezen opzichte en mede i.v.m. de steeds groeiende noodzaak tot internationale samenwerking, trad Nederland in 1949 wederom als lid toe.

## 19.2 De organisatie

De Hydrografische Dienst van de Koninklijke Marine, bestaande uit het Bureau Hydrografie als afdeling van het Ministerie van Marine en de opnemingsvaartuigen in Nederland en overzee, staat onder leiding van de Chef der Hydrografie, die tevens hoofd is van het bureau. Deze heeft te Djakarta een vertegenwoordiger, die als hydrografisch adviseur is toegevoegd aan de Nederlandse Militaire Missie in Indonesië.

Deze dienst verzorgt de opneming, kaartering en uitgifte der hydrografische publicaties van Nederland, Nieuw Guinee, Suriname en de Nederlandse Antillen. Sinds 1 Januari 1951 draagt de Republiek Indonesië zelf de verantwoordelijkheid voor de zeekaarten en hydrografische boekwerken van haar eigen territoriale wateren. De opnemingen worden verricht door vaartuigen van de Lands Scheepvaart Dienst en desgevraagd door opnemingsvaartuigen van de K.M. De kaartering van deze gebieden geschiedt echter door de Afdeling Hydrografie van het Ministerie van Marine, totdat de Republiek Indonesië in staat zal zijn zulks zelf te doen, waartoe Indonesisch personeel door genoemde afdeling desgevraagd zal worden opgeleid.

Behalve van deze opnemingen worden ook de resultaten van die der instanties genoemd in par. 1.7 ter verwerking in de zeekaarten en hydrografische publicaties naar het Bureau Hydrografie opgezonden.

Voorts verzorgt dit bureau de berichtgevingsdienst voor de kaarten van de gehele wereld, de verkoop van Nederlandse kaarten en hydrografische publicaties, benevens de voorziening van Hr. Ms. schepen en inrichtingen van alle benodigde zeekaarten en hydrografische boekwerken.

Buiten de chef en de sous-chef der afdeling, welke laatste de vervanger van de chef is en tevens meer speciaal belast is met de opnemingen in Nederland, bestaat de bezetting van het bureau uit 2 cartografen-hoofdamtenaar, 7 cartografen, 9 tekenaars, 14 hydrografische assistenten, 4 man administratief personeel en 6 man huishoudelijk personeel, terwijl soms nog detachering van zee-officieren plaats vindt.

Het drukken der kaarten geschiedt bij meerdere particuliere drukkerijen, terwijl de boekwerken in het algemeen verzorgd worden door de Staatsdrukkerij en de B.a.Z. door de firma Mouton en Co. te den Haag. De firma Gebr. van Cleef eveneens te den Haag, treedt op als alleen-verkoper van hydrografische publicaties aan particulieren.

Teneinde een denkbeeld te krijgen van de toename der bureau-werkzaamheden sinds het begin van deze eeuw, geeft het volgende staatje, wat betreft het aantal verstrekte zeekaarten en uitgegeven B.a.Z., een overzicht.

| Jaartal | Aantal verstrekte zeekaarten | Aantal uitgegeven B.a.Z. |
|---------|------------------------------|--------------------------|
| 1900    | 6803                         | 1716                     |
| 1910    | 13115                        | 2724                     |
| 1920    | 33020 <sup>1)</sup>          | 2958                     |
| 1930    | 14170                        | 3444                     |
| 1947    | 65945 <sup>1)</sup>          | 4870                     |
| 1950    | 32225                        | 4564                     |

<sup>1)</sup> Aanvulling tekort na de oorlog.

Tenslotte zij vermeld, dat commandanten van opnemingsvaartuigen gekozen worden uit officieren met meerjarige opname-practijk. Dergelijke officieren, zowel van de K.M. als van de Lands Scheepvaart Dienst, krijgen onder directe leiding van de Chef der Hydrografie een opleiding op de Afdeling Hydrografie van 1½ jaar, waarbij zij 5 maanden gedetacheerd worden op de Technische Hogeschool te Delft voor een cursus in geodetische astronomie. Indien de omstandigheden zulks toelaten, worden zij tevens gedetacheerd aan boord van één der opnemingsvaartuigen in Nederland.

*Literatuur*: „De zeeën van Nederlandsch Oost Indië”, uitgegeven door het Koninklijk Ned. Aardrijkskundig Genootschap, 1922; Hoofdstuk I „Historisch overzicht van het onderzoek” door G. P. L'HONORÉ NABER.  
Tijdschrift van het Kon. Ned. Aardrijkskundig Genootschap, jaargang 1927: „De hydrografische opneming van den O. I. Archipel” door J. L. H. LUYMES.  
Marineblad, jaargang 1949; „De maritieme cartografie en de ontwikkeling van het Hydrografisch Bureau”, door J. A. SCHULLER (niet in de handel).

## LITERATUUROPGAVE

In aansluiting op de boekwerken, welke in de tekst en aan het einde van verschillende hoofdstukken zijn genoemd, wordt de volgende literatuur met betrekking tot de in deze publicatie behandelde onderwerpen vermeld:

Admiralty Manual of Hydrographic Surveying, Hydrographic Department, Admiralty; J. D. POTTER, London E. C. 3, 1948.

Plane and Geodetic Surveying, D. CLARK; Constable-Company Ltd., London W.C. 2, 1948.

Hydrographic Manual, K. T. ADAMS, Special publication no. 143; U.S. Coast and Geodetic Survey, 1942.

Hydrographic and Geodetic Surveying Manual, J. G. KELLAR, H. O. no. 215; Hydrographic Office, U.S. Navy, 1942.

Construction and Operation of the Wire Drag and Sweep, J. H. HAWLEY, Special publication no. 118; U.S. Coast and Geodetic Survey, 1925.

Surveying, Technical Manual 5-235; War Department, Washington, 1940.

Manual of second and third Order Triangulation and Traverse, Special publication no. 145; U.S. Coast and Geodetic Survey, 1935.

Handbuch der Vermessungskunde, Jordan-Eggert; J. B. Metzlersche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, 1948.